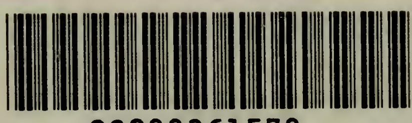


THE SANITARY INSTITUTE, INCORPORATED 1888 ★ SALUS GENERIS HUMANI ★

Presented by



18

M. - Morin Arthur. Général de
division d'artillerie. Étud
sur la Ventilation. Vol I
Presented by Buckley Hill

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION

I

PARIS. — IMPRIMERIE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9

MÉCANIQUE PRATIQUE

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION

PAR

ARTHUR MORIN

Général de division d'artillerie
membre de l'Institut, ancien élève de l'École polytechnique
directeur du Conservatoire des Arts et Métiers
membre de la Société centrale d'agriculture
membre de la Société des Ingénieurs civils de France
membre correspondant de l'Académie royale des Sciences de Berlin
de l'Académie royale des Sciences de Madrid, de l'Académie des Sciences de Turin
de l'Académie royale des Géorgophiles de Florence
de l'Académie de Metz, de la Société industrielle de Mulhouse
de la Société littéraire et philosophique de Manchester
de la Société impériale d'Arts et Manufactures de Toscane

TOME PREMIER

PARIS

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET C[ie]

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

—

1863

AVANT-PROPOS.

Je me suis proposé dans ces études sur la ventilation, non pas de faire sur la matière un traité complet, pour la rédaction duquel de longues et nombreuses expériences seraient encore nécessaires, mais de mettre d'abord à la portée des gens du monde et des administrateurs appelés à se prononcer sur le choix des dispositions et des moyens proposés, de rappeler aux architectes qui doivent en prévoir l'emploi dans leurs projets de bâtiments, les principes élémentaires sur lesquels sont ou doivent être basés tous les appareils de ventilation.

Cette première partie, par sa destination même, devait être complétement dégagée de tout calcul mathématique, et cette nécessité m'a conduit à des développements que quelques lecteurs trouveront peut-être trop élémentaires. Mais j'ai entendu si souvent énoncer sur ces questions les idées les plus fausses et méconnaître les effets les plus naturels par des personnes qui, par état, auraient dû être à l'abri de semblables erreurs, qu'il m'a semblé indispensable de rappeler aussi succinctement que je l'ai pu les notions même les plus élémentaires du mouvement des fluides.

Après ces considérations générales, je chercherai à appliquer à la circulation de l'air dans les appareils de ventilation les lois de la mécanique des fluides, et à comparer les résultats de l'expérience avec les règles que l'on déduit de la théorie, pour tirer, s'il est possible, de cette comparaison des règles que la pratique puisse suivre avec quelque sécurité.

J'ai déjà publié dans les *Annales du Conservatoire*, et in-

séré dans deux rapports sur les appareils de chauffage et de ventilation proposés pour le Palais de Justice et pour les nouveaux théâtres de la place du Châtelet, une partie des expériences que j'ai eu l'occasion de faire exécuter, et je me propose de compléter, autant qu'il dépendra de moi, cette partie importante de ces études, tant à l'aide de nouvelles observations faites par mes soins, qu'avec le secours de celles que je pourrai emprunter à d'autres expérimentateurs.

De semblables recherches sont longues et laborieuses; elles exigent de la persévérance et souvent le concours de plusieurs personnes, et ne pourront peut-être se compléter que dans un intervalle de plusieurs années. Aussi aurais-je différé encore la publication de celles que j'ai entreprises sans discontinuité depuis 1860, si la question de la ventilation ne se trouvait en quelque sorte mise à l'ordre du jour par les nombreuses constructions d'édifices publics, d'hôpitaux, de théâtres, où l'on se propose de satisfaire à ce besoin hygiénique, trop négligé et trop mal satisfait jusqu'à ces derniers temps.

J'aurai souvent le regret de me trouver en contradiction avec des auteurs d'ouvrages estimés, avec des ingénieurs habiles, avec des observateurs consciencieux. Je tâcherai d'apporter dans la discussion les égards dus à l'étude et au travail; je ne saurais, toutefois, leur sacrifier ce que je crois être la vérité.

Mais si je diffère d'opinion sur cette matière avec quelques-uns de mes compatriotes, il n'en est pas de même avec les étrangers et, en particulier, avec les auteurs et les ingénieurs anglais qui se sont le plus occupés de la question. Dans le séjour que l'Exposition universelle de 1862 m'a conduit à faire récemment en Angleterre, j'ai eu occasion de voir et d'étudier les travaux exécutés, et les ouvrages ainsi que les rapports publiés par diverses commissions, de lire des enquêtes où les avis d'un grand nombre de personnes ont été exprimés, et, dans l'ensemble de ces recherches, j'ai retrouvé, comme opinions, pour ainsi dire, unanimes, non-

seulement quant aux principes généraux, mais encore quant à la plupart des moyens d'application, les idées, les dispositions auxquelles l'étude et l'expérience m'avaient successivement amené.

Il ne sera pas inutile sans doute de faire connaître, au moins par des extraits, quelles sont les études, les expériences, les idées qui, chez nos voisins, ont guidé les ingénieurs dans les tentatives, couronnées d'un succès plus ou moins complet, qu'ils ont faites pour assurer la ventilation des lieux habités.

Outre les emprunts que j'ai faits aux travaux des ingénieurs anglais, j'ai puisé de très-utiles documents dans ceux de plusieurs observateurs français, et en particulier dans divers rapports adressés au ministre de la guerre par MM. les officiers du génie militaire, et qui m'ont été libéralement communiqués.

De cet ensemble de recherches provenant de sources variées et indépendantes les unes des autres, je crois avoir déduit des conséquences et des règles utiles pour l'art de la ventilation ; mais ces règles fussent-elles encore plus exactes, comme on ne peut produire les résultats qu'on en attend qu'au moyen d'une certaine dépense, ils ne seront obtenus régulièrement qu'autant que la direction des appareils sera confiée à des agents qui n'auront pas intérêt à restreindre cette dépense au-dessous de ce qui est convenable, et qu'un contrôle indépendant sera exercé sur leur marche.

Toutes les fois qu'on n'aura pas satisfait à ces conditions, l'on ne devra pas s'étonner si la ventilation obtenue est insuffisante et même parfois plus nuisible qu'utile, ainsi que j'en montrerai des exemples.

ERRATA.

PREMIER VOLUME.

Pages.	Lignes.	Au lieu de :	Lisez
42	15 (R.)	$130^{mc}.6$	$1306^{mc}.$
42	4 (R.)	$3^{mc}.4$	$2^{mc}.40$
162	11 (R.)	$V' = \frac{2gP}{1 + \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2}$	$V^2 = \frac{2gP}{1 + \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2}$
172	1 (R.)	$D = \frac{1.298}{1 \times 0.003665t}$	$D = \frac{1.298}{1 + 0.003665t}$
184	11 (R.)	$A \sqrt{\frac{1 + aT}{K}}$	$\frac{A}{K} \sqrt{1 + aT}$
185	2 (D.)	$\frac{x - 1 + aT}{ax^2} = \frac{1}{a} \left\{ \frac{1}{x} - \frac{1 + aT}{x^2} \right\}$	$\frac{x -- (1 + aT)}{ax^2} = \frac{1}{a} \left\{ \frac{1}{x} - \frac{1 + aT}{x^2} \right\}$
185	5 (R.)	$A \sqrt{\frac{1 + aT}{K}} \sqrt{2gH},$	$\frac{A}{K} \sqrt{1 + aT} \sqrt{2gaH},$
185	3 (R.)	$Q' = A \sqrt{\frac{1 + aT}{K}} \sqrt{2gaH} \sqrt{\frac{t - T}{(t + at)^2}},$	$Q' = \frac{A}{K} \sqrt{1 + aT} \sqrt{\frac{t - T}{(1 + at)^2}} \sqrt{2gaH},$
186	5 (D.)	$\sqrt{\frac{\frac{1 + 2aT}{a} - T}{1 + (2 + 2aT)^2}} = \sqrt{\frac{1}{2a(1 + aT)}},$	$\sqrt{\frac{\frac{1 + 2aT}{a} - T}{(2 + 2aT)^2}} = \sqrt{\frac{1}{4a(1 + aT)}},$

Pages.	Lignes.	Au lieu de :	Lisez :
188	3 (D.)	$Q'=\frac{A\sqrt{1+aT}}{K}\sqrt{2gaH}\ \frac{\sqrt{t-T}}{(1+at)^2},$	$Q'=\frac{A\sqrt{1+aT}}{K}\sqrt{2gaH}\ \sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}},$
188	8 (D.)	$\left(\frac{t-T}{1+at}\right)^2=\frac{1}{2a(1+aT)}$	$\frac{t-T}{(1+at)^2}=\frac{1}{4a(1+aT)}$
192	8 (D.)	$U=\sqrt{\frac{2ga\,\frac{H(t-T)}{1+aT}}{2.4}},$	$U=\frac{1}{2.4}\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}},$
193	9 (D.)	$U=\sqrt{\frac{\frac{2ga}{8\beta}D'H(t-T)}{\frac{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2D'+L}{8\beta}}}$	$U=\sqrt{\frac{\frac{2ga}{8\beta}D'H(t-T)}{\frac{\left\{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\right\}D'+L}{8\beta}}}$
196	12 (D.)	ou de $\frac{2}{16}$ environ	ou de $\frac{1}{6}$ environ
197	15 (D.)	1.434	1.414
211	3 (D.)	$M\left\{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\ldots\ldots\right\}$	$MU^2\left\{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\ldots\ldots\right\}$
219	7 (D.)	est la même pour les trois étages,	varie aussi avec la hauteur des étages.
219	12 (D.)	sa valeur devient,	sa valeur devient :

pour le rez-de-chaussée,

66.382;

pour le premier étage,

$$2g\left\{\frac{(D-d_1)H+(d'-d_1)h_1-(D-d')h'}{1}\right\}=59.96.$$

pour le deuxième étage,

$$2g\left\{\frac{(D-d_1)H+(d'-d_1)h_1-2(D-d')h'}{d_1}\right\}=53.55.$$

219	6 (R.)	$2^m.431$,	$2^m.183$.
219	8 (R.)	$2^m.508$,	$2^m.383$.

Pages.	Lignes.	Au lieu de :	Lisez :
225	5 (D.)	$2^m.508$,	$2^m.383$.
225	6 (D.)	$2^m.431$,	$2^m.183$.
227	12 (R.)	$MU_3 \left\{ \frac{A_3}{mA'_3} - 1 \right\}^2$	$\left\{ MU_3^2 \frac{A_3}{mA'_3} - 1 \right\}^2$
227	8 (R.)	$\frac{A_3}{A'_3} = 0.75$	$\frac{A'_3}{A_3} = 0.75$
228	1 (R.)	$-\frac{2d_2s'L'}{g}\beta U^3$	$-\frac{2d_2s'L'}{g}\beta U_2^3$
245	5 (D.)	$2\{(D-d')(H_0+H_1+H_2)$ $19au+3(d'-d_1)h_1AU\}$	$2\{(D-d')(H_0+H_1+H_2)$ $19au+(d'-d_1)h_1AU\}$
345	7 (D.)	$-\frac{2d_1s\beta h_1u^3}{g}$	$-\frac{2d_1s\beta h_1U^3}{g}$
247	12 (R.)	$\frac{d_1}{d} = 0.915$	$\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 = 0.915$
389	4 (D.)	$\frac{23^{kil} \times 0^f.343}{3} = 0^f.344$	$\frac{24^{kil} \times 0^f.043}{3} = 0^f.344$

DEUXIÈME VOLUME.

Pages.	Lignes.	Au lieu de :	Lisez :
82	11 (D.)	Une capacité totale de 23000^{mc}.	Une capacité de $\frac{23\,000^{mc}}{3}$
82	12 (D.)	$\frac{23000}{122} = 5^{kil}.30$	$\frac{3 \times 122}{23} = 15^{kil}.90$
105	14 (R.)	$\frac{0^{mc}.0555}{0.30} = 0^{mq}.15$	$\frac{0^{mc}.0555}{0.30} = 0^{mq}.185$
106	3 (D.)	$0^m.80$ de largeur, dont la section serait égale à $0^{mq}.24$	$0^m.88$ de largeur, dont la section serait égale à $0^{mq}.26$
106	20 (D.)	$\frac{3600 \times 0.80}{200} = 0^{mq}.0691$	$\frac{200}{3600 \times 0.80} = 0^{mq}.0691$
77		Figure à retourner de bas en haut.	

ÉTUDES

SUR LA

VENTILATION.

CHAPITRE I.

INTRODUCTION;
RENSEIGNEMENTS SUR LA VENTILATION.

1. Les moyens d'assainir et de chauffer les lieux habités de tous genres ont, depuis un certain nombre d'années, appelé l'attention des savants et des ingénieurs anglais. Leurs plus grands établissements, les chambres du parlement, l'hôtel des postes, plusieurs hôpitaux, les salles de réunion, quelques habitations particulières, d'immenses locaux, comme le palais de Sydenham, ont été l'objet de tentatives plus ou moins heureuses, dont l'examen ne peut que profiter aux progrès de l'art, si simple en apparence et cependant si difficile, de la ventilation.

L'Exposition universelle de 1862, en m'appelant à Londres, m'a fourni l'occasion de visiter quelques établissements, sur lesquels j'ai pu me procurer des renseignements, dont les uns officiels, les autres officieux, sont de nature à faire connaître les opinions des hommes qui se sont le plus occupés de la question, les dispositions diverses adoptées, ainsi que les résultats obtenus et les inconvénients signalés.

Je donnerai donc, dans cette introduction, une analyse des

documents officiels et une description succincte des dispositions que j'ai visitées ou sur lesquelles il m'a été fourni des renseignements, en suivant à peu près l'ordre des dates et en me réservant de compléter plus tard, s'il m'est possible, les données que j'ai recueillies.

2. *Théorie pratique de la ventilation, par M. le docteur Reid.* — L'un des documents les plus anciens et les plus complets est l'ouvrage que le docteur Reid a publié en 1844 sous le titre de *Illustrations of the theory and practice of ventilation.* Cet ouvrage, qui contient une foule d'observations et de remarques très-justes sur les effets si variés de la circulation de l'air, met en évidence les difficultés de la question en même temps qu'il en établit assez bien la solution.

Malheureusement l'auteur, appelé, par suite de ses travaux et d'une enquête au Parlement, à modifier les dispositions et les appareils déjà adoptés, ne fut pas libre de suivre complétement ses idées et se laissa aller à recourir à des moyens à peu près inverses. De là résulta un insuccès, si ce n'est complet, au moins assez grand pour que la direction du service lui fût retirée.

Mais son ouvrage n'en a pas moins le mérite réel d'élucider la question, et c'est ce qui m'a engagé à en donner l'extrait suivant.

M. Reid, qui était à Édimbourg chargé d'un cours de chimie, avait utilisé de diverses manières la puissance de l'appel pour obtenir des effets de ventilation, auxquels il attribuait des résultats probablement un peu exagérés, mais qui, jusqu'à un certain point, peuvent être au moins fort voisins de la vérité. Il en cite quelques-uns que je crois devoir reproduire, malgré la couleur, tant soit peu britannique, de ces exemples et de leur appréciation.

3. *Exemples des avantages d'une ventilation convenable cités par le docteur Reid.* — « Il y a quelques années, dit-il, environ cinquante membres d'un des clubs de la Société royale à Édimbourg dînèrent dans un appartement que j'avais fait

construire et d'où les produits de la combustion des becs de gaz étaient exclus à l'aide d'un tuyau fixé aux appareils et caché dans le pendentif gothique auquel ils étaient suspendus. Une abondante quantité d'air à une douce température circulait dans l'appartement pendant toute la soirée, et son effet était varié de temps à autre en y mêlant des substances odoriférantes, de manière à pouvoir produire successivement les parfums d'un champ de lavande ou d'un bosquet d'orangers.

« Pendant tout le temps du dîner, les convives ne firent aucune remarque spéciale ; mais le maître d'hôtel qui avait fourni le repas et qui était familier avec leurs habitudes, parce qu'il les traitait ordinairement, fit remarquer aux commissaires que l'on avait consommé trois fois plus de vin que ne le faisait ordinairement la même société, dans la même salle éclairée au gaz et non ventilée. Il ajouta qu'il avait été surpris de voir des convives, qui ne buvaient habituellement que deux petits verres de vin, consommer, sans hésiter, plus d'une demi-bouteille ; que d'autres, dont l'usage était de boire une demi-bouteille, en avaient pris une et demie, et qu'en définitive, à la fin du repas, il avait été obligé de faire chercher beaucoup plus de voitures qu'à l'ordinaire pour reconduire les convives chez eux. »

Le docteur Reid a soin d'ajouter que des informations ultérieures, prises sur la santé de ces convives, lui avaient appris qu'il n'était résulté pour aucun d'eux de conséquence fâcheuse de ce festin, et qu'ils ne s'étaient pas même aperçus de l'excès de leur consommation.

A l'inverse, et comme effet moins avantageux d'une abondante ventilation, le docteur cite l'exemple de certaines manufactures, où le grand renouvellement de l'air avait dévedeveloppé chez les ouvriers un tel surcroît d'appétit, que la paye, qui leur suffisait auparavant, était devenue trop faible pour satisfaire leur faim. Il ajoute enfin que, dans toute maison bien ventilée, la dépense en vins et en nourriture est plus considérable que dans celles qui le sont mal, et qu'une fête

donnée dans des salons où l'on étouffe et où l'air est saturé de vapeurs est beaucoup plus économique que si elle avait lieu à l'air libre.

Malgré l'apparence un peu excentrique de ces réflexions, on ne peut s'empêcher de reconnaître que les conséquences en sont justes, et qu'une ventilation convenable ne peut que contribuer à entretenir toutes les fonctions dans un état satisfaisant, en même temps qu'elle laisse plus de lucidité à l'intelligence.

4. *Difficultés provenant de la divergence des opinions et des sensations.* — Le docteur Reid énumère longuement les difficultés et les tribulations qu'éprouve tout ingénieur qui s'occupe de ventilation, par suite de la différence des appréciations personnelles. Tandis qu'un membre du parlement se plaignait de l'excès de la chaleur, un autre venait déclarer qu'il souffrait du froid ; l'un demandait une température de 11 à 12°, un autre celle de 21 à 22°, etc. En présence de pareilles divergences d'appréciation, et dans l'impossibilité d'y satisfaire, il faut établir des prescriptions générales, des moyens d'en constater l'exécution et des agents responsables.

Il y a aussi, pour les lieux de réunions nombreuses, à tenir compte de certaines circonstances.

A la Chambre des communes, on élevait la température à 16 ou 17° avant l'ouverture, et pendant la séance elle variait de 17 à 21°, selon l'activité de la ventilation, qui doit elle-même être réglée d'après le nombre des membres présents, la température à laquelle on peut abaisser l'air quand il fait chaud, et son degré d'hygrométricité.

Le docteur assure que, dans des séances de nuit, où les débats avaient duré longtemps, il lui est arrivé quelquefois de faire modifier plus de cinquante fois la marche des appareils.

Comme fait général, il a remarqué qu'avant l'heure du dîner on peut, avec avantage, diminuer l'activité de la ven-

tilation et élever la température. A l'inverse, après dîner, les autres circonstances restant les mêmes, la température doit être abaissée, la ventilation activée et le degré d'hygrométricité diminué.

Vers la fin des longues séances, il convient d'élever un peu la température.

Il insiste ensuite sur les inconvénients particuliers que présente l'emplacement actuel du parlement : la fumée des bateaux à vapeur, celle des maisons voisines, l'odeur des cuisines, les huiles empyreumatiques des usines à gaz qui nagent sur les eaux de la Tamise, les exhalaisons du cimetière de Westminster, celles des rues, et jusqu'à la fumée de tabac, etc. Le pauvre docteur voyait alors partout des ennemis de la ventilation. Qu'eût-il dit en 1862?

5. *Influence de l'état hygrométrique de l'air sur les effets de la ventilation.* — Le docteur Reid* fait observer avec raison que l'air froid contient peu d'eau à l'état de vapeur dissoute, et que quand, après avoir été échauffé, il arrive au contact du corps, il lui enlève rapidement de l'humidité. La peau devient alors sèche et dure, les narines et les organes respiratoires sont affectés, et une disposition à la toux se manifeste. Il faut donc, en hiver, pour éviter ces effets, donner à l'air chauffé artificiellement le degré d'humidité correspondant à la température à laquelle on l'élève.

L'été, l'air est naturellement à peu près saturé de vapeur, et il faut chercher à le rafraîchir avant qu'il ne pénètre dans les lieux à ventiler, afin d'abaisser de quelques degrés seulement sa température.

6. *Électrisation de l'air.* — Le développement de la vapeur étant toujours accompagné d'un dégagement d'électricité, c'est à cette circonstance que l'on attribue la formation de l'ozone, et il n'est pas improbable que la saturation hygro-

---

* Page 189.

métrique de l'air artificiellement obtenu puisse avoir en outre l'avantage d'augmenter la proportion d'ozone qui existe naturellement dans l'air. C'est une expérience à faire.

7. *Purification de l'air.* — Le docteur Reid * recommande :

1° D'empêcher l'introduction de la suie, que répand dans l'atmosphère des villes anglaises l'usage du charbon de terre, en obligeant l'air à traverser des toiles à larges mailles ou un canevas ;

2° De mouiller l'air, en le forçant à passer dans une sorte de poussière d'eau.

Ces deux conditions sont encore remplies au parlement, comme je l'indiquerai plus loin.

8. *Volume d'air extrait.* — Suivant le docteur Reid, le volume d'air qu'il convient d'admettre varie non-seulement avec le nombre des personnes, avec les saisons, avec l'état de l'atmosphère, mais encore avec les heures de la journée. Dans les séances avant les repas, il faut moins d'air que pour celles qui ont lieu après le dîner.

Le plus grand volume nécessaire à la Chambre des communes correspondrait, à Londres, à la saison d'automme, où l'air est chaud et humide, le vent peu sensible, venant généralement de l'est, le baromètre bas, le sol humide et la marée élevée. A ce moment, 50 000 pieds cubes par minute, ce qui revient à peu près à 84 000 mètres cubes à l'heure, sont à peine suffisants si la Chambre des communes est pleine.

Or, d'après des relevés rapportés par le docteur Reid, le nombre des personnes présentes s'est élevé au plus à 800. Le volume ci-dessus correspondrait donc à 105 mètres cubes par heure et par individu, ce qui excède les évaluations que j'ai données dans un travail précédent, et que quelques personnes sont tentées de trouver exagérées.

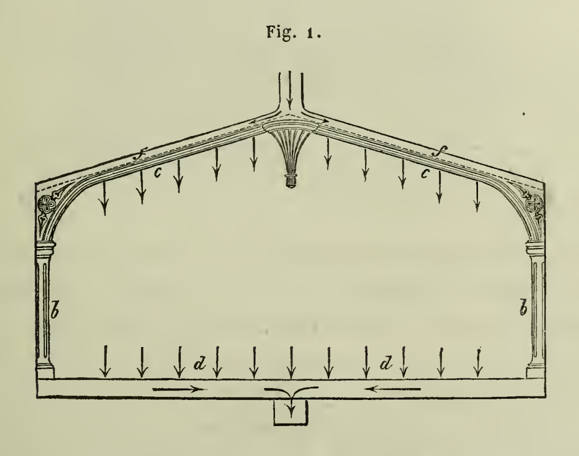
Malgré ce chiffre élevé, la ventilation, même avec les amé-

* Page 210.

liorations qu'elle a reçues, ne paraît pas satisfaisante. Le mode d'introduction à travers des tapis que l'on a adopté et que j'indiquerai plus loin, doit apporter très-probablement, à l'arrivée de l'air nouveau par les orifices disposés à cet effet, un obstacle qui empêche son volume d'atteindre celui de l'évacuation et déterminer, comme j'ai eu l'occasion de le constater, des courants d'air très-considérables, entrant par les portes et par les ouvertures accidentelles.

9. *Dispositions proposées pour la Chambre des communes.* — M. le docteur Reid * donne la description d'un projet qu'il avait proposé pour la ventilation de la Chambre des communes et dans lequel l'admission de l'air devait avoir lieu par le plafond et l'extraction par le plancher. Les dispositions déjà

Fig. 1.



existantes et que l'on ne voulut ou que l'on ne put sans doute pas changer, dans un bâtiment construit, empêchèrent l'adoption de ce système rationnel et obligèrent l'auteur à laisser produire à l'inverse l'entrée par le sol et l'échappement par le haut, ce qui ne lui a pas réussi, non plus qu'à ses successeurs. A l'appui de la disposition qu'il proposait, le docteur Reid

* N° 682, page 302.

a fourni l'exemple d'une grande salle de réunion qu'il avait fait construire à Édimbourg et dont il donne la coupe que nous reproduisons dans la figure 1.

L'on voit de suite le mode d'introduction et de sortie proposé par l'auteur et qui consistait dans l'évacuation et l'introduction de l'air par appel.

10. *Disposition pour éviter les inconvénients de l'emploi du gaz d'éclairage à l'intérieur.* — Une autre question, qui lui était aussi soumise, était celle de l'emploi du gaz d'éclairage à l'intérieur des salles et des moyens à employer pour en éviter les inconvénients.

Il en indique les solutions suivantes que l'on comprendra

Fig. 2.

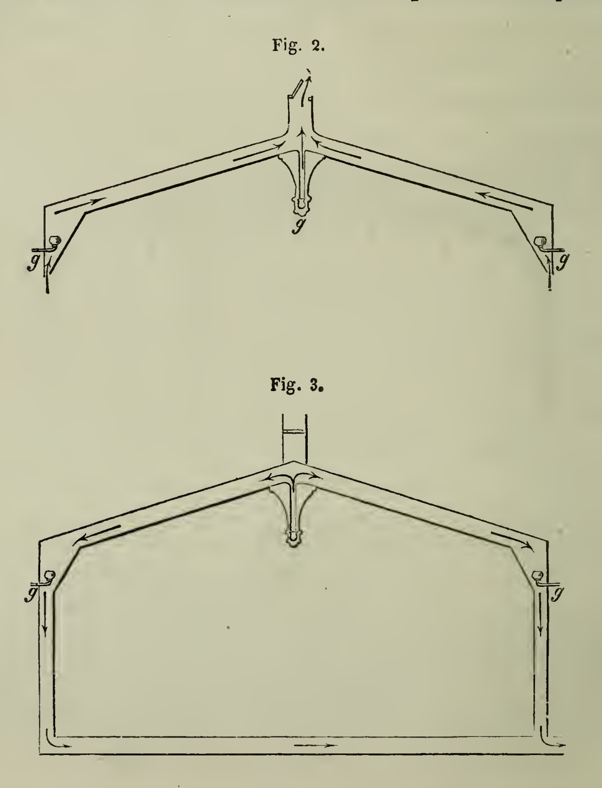
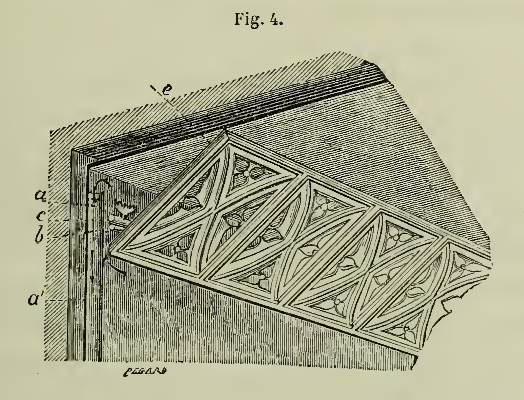


Fig. 3.

de suite à l'examen des figures. Pour le cas d'un éclairage à

l'aide de lustres placés au-dessous d'un pendentif, il propose ou de conduire les gaz brûlés par un tuyau traversant le pendentif et les évacuant directement à l'extérieur (*fig.* 2), ou de les verser dans des conduits, qui, après avoir longé les longs pans de la toiture, redescendraient aux conduits inférieurs généraux de l'appel (*fig.* 3). Dans ce dernier cas, la chaleur résultant de la combustion du gaz pourrait être en partie utilisée pour élever l'hiver la température des locaux éclairés. Il indique que la même disposition peut être appli-

Fig. 4.



quée au cas où il y a des lustres ou un éclairage à travers des panneaux horizontaux ou inclinés. La figure 4 fait comprendre la disposition exécutée pour éclairer tout le pourtour d'un plafond par une corniche en panneaux transparents.

Le gaz afflue par deux tubes, l'un *c* destiné à alimenter les becs permanents, l'autre *b* qui ne sert qu'à l'allumage. Le premier porte environ 60 becs et le second est percé d'une infinité de trous. En allumant celui-ci en un seul point, la flamme se communique, de proche en proche, sur toute sa longueur et allume tous les becs permanents du tuyau *c*. Cela fait, on ferme le robinet du tuyau d'allumage *b* et les becs permanents restent seuls lumineux.

Par ce dispositif, une seule ouverture est nécessaire pour l'allumage général, et le léger échappement de gaz qui se produit ne présente pas d'inconvénients, parce que la cor-

niche creuse est toujours soumise à l'action de l'appel général de ventilation.

L'auteur indique enfin, par une sorte de plan général qu'il est inutile de reproduire, que, pour la Chambre des communes, les lustres principaux placés au plafond devaient avoir leurs conduits spéciaux d'évacuation des gaz brûlés, et que ces conduits recevaient par des branchements particuliers les gaz de tous les autres appareils. Des vannes régulatrices étaient d'ailleurs disposées de manière à modérer le tirage particulier de chacun des appareils.

11. *Enquête de* 1854. — En 1854, la Chambre des lords a fait une enquête très-détaillée sur les résultats obtenus avec les différents appareils de chauffage, de ventilation et d'éclairage employés ou à employer dans le nouveau palais du parlement. Les questions relatives à ces parties du service sont traitées et décidées séparément par chacune des deux Chambres, quoique les lieux de leurs séances et toutes leurs dépendances soient situés dans le même bâtiment et très-rapprochés les uns des autres.

Déjà, à cette époque, la salle de la Chambre des communes était chauffée et ventilée par les appareils que nous décrirons plus loin, mais la Chambre des lords l'était encore au moyen de ceux que le docteur Reid avait établis, et au nombre desquels étaient des ventilateurs.

Dans cette enquête, M. Goldsworthy Gurney, à qui la Chambre des lords a définitivement confié la direction des travaux et du service du chauffage et de la ventilation des parties du palais qui lui sont affectées et qui avaient déjà reçu les mêmes attributions de la Chambre des communes, a exprimé des opinions que nous allons chercher à résumer ainsi qu'il suit :

Les émanations de la transpiration cutanée altèrent davantage la pureté de l'air que les effets de la respiration.

L'extraction de ces émanations au niveau et au travers du plancher les entraîne avant qu'elles n'aient pu s'élever et se

mêler à l'air qui doit être respiré, et plus tôt elles peuvent être enlevées mieux cela vaut. Il insiste pour montrer qu'une grande partie de l'air vicié tend naturellement à se maintenir près du sol, tandis que l'air provenant de la respiration et de la chaleur développée par le contact des corps tendrait à faire monter l'azote, à moins qu'une cause contraire ne s'y opposât.

Son opinion définitive est *qu'il est désirable que l'air nouveau arrive par le haut et que l'air vicié soit extrait par le bas* *.

Il ajoute ** que, dans les lieux où il a établi une ventilation, l'air entre par le plafond et sort par le plancher, mais que dans certains cas on peut renverser le mouvement avec une grande facilité, par l'action d'un petit foyer, tandis que l'emploi d'une machine de vingt chevaux, alors en usage au parlement, cause une sujétion dont on peut se dispenser.

Il assure que les courants descendants ont été trouvés plus agréables et plus efficaces que les courants ascendants.

Relativement à l'influence relative de la température, de la vitesse et du degré d'hygrométricité de l'air, il s'exprime en ces termes *** :

« Des courants partiels à la surface du corps sont incommodes, parce qu'ils lui enlèvent la chaleur par l'effet de l'évaporation. Il y a en outre une autre cause de la sensation du froid, c'est l'état hygrométrique de l'atmosphère. J'ai entendu, dit-il, des personnes se plaindre du froid dans des lieux où le thermomètre marquait 21 degrés, et j'en ai également vu d'autres qui avaient trop chaud, quand la température n'était que de 15°,5. La cause n'était pas, dans le premier cas, l'évaporation produite par les courants d'air, mais l'état de sécheresse de l'air qui produit exactement le même effet. Lorsque l'hygromètre marque 8 à 9 degrés (mesure anglaise), l'air est sec, il dessèche la peau comme un courant et produit la

* N° 432, page 41 de l'enquête de la Chambre des lords.
** N°s 469, 470, 471, 472.
*** N° 694, page 67.

même sensation. Le terme le plus convenable d'hygrométricité est à 4 ou 5 degrés. »

M. Ch. Barry, architecte du palais, déclare qu'il est tout à fait impossible d'éviter le désagrément de courants partiels, quand l'air est admis par le plancher et près des personnes *.

M. Ed. Pleydell Bouverie, membre du parlement, interrogé dans l'enquête, dit ** que le projet de M. G. Gurney, dans sa perfection, était de faire arriver l'air par le haut, mais qu'il n'a eu ni le temps, ni les moyens de le faire à la Chambre des communes et qu'il a été obligé de le faire affluer par le bas.

Lord Ch. Fox Russell *** déclare que la ventilation a été très-améliorée par M. G. Gurney, et il pense que sous ce rapport le plus grand perfectionnement consiste en ce que l'on a obtenu l'effet si désirable de la fraîcheur de l'air chaud, ce qui n'avait jamais existé dans cette Chambre. L'air chaud semblait toujours auparavant torride, brûlé, tandis que maintenant l'on a de l'air chaud et en même temps rafraîchissant. (Cela tient évidemment au procédé employé pour donner en tout temps à l'air le degré d'humidité convenable.)

A côté de ces déclarations favorables aux dispositions que M. G. Gurney a été obligé d'adopter, contrairement à son opinion, il y a certaines objections assez graves contre l'introduction de l'air par le plancher, et qu'il importe de prendre en considération.

M. R. Vernon-Smith, membre de la Chambre des communes, reconnaît que les dispositions adoptées par M. G. Gurney ont apporté un grand perfectionnement au système précédent, que l'on n'éprouve plus dans la chambre cette sensation oppressive que l'on ressentait toujours avec le précédent dispositif, et qu'il est sensible pour chacun que l'air paraît plus frais et plus léger.

Mais qu'il s'élève beaucoup de poussière au-dessous des

---

* N° 505, page 47 de l'enquête de la Chambre des lords.

** N° 766, page 75.

*** N° 839, page 83.

personnes; que quand on arrive dans la chambre, quoique les tapis posés sur le grillage en fonte soient, à ce que l'on assure, battus tous les matins, l'on aperçoit encore une grande quantité de poussière qui s'élève; quand on frappe quelque peu avec les pieds, il s'en dégage encore davantage.

Cet inconvénient existait avec l'ancien dispositif, et il n'a pas disparu avec le nouveau, où l'on a été obligé de conserver l'admission de l'air par le plancher.

M. Ed. Stilling-Flut-Cayley, membre du parlement, reproche à l'introduction de l'air par le plancher, que cet air est souvent trop froid, ce qu'il attribue à l'emploi de la fonte, malgré la double épaisseur du tapis. Cette explication est probablement erronée, et la sensation éprouvée tient uniquement à ce que l'air affluent est toujours un peu plus frais que l'air intérieur, et surtout à une température inférieure à celle du corps.

De ce résumé de l'enquête de la Chambre des lords l'on peut conclure que les opinions ont été unanimes pour reconnaître la supériorité des dispositions adoptées par M. G. Gurney, qui a procédé par aspiration, sur celles de M. Reid, mais que M. G. Gurney, s'il avait été complétement libre, aurait préféré, comme M. Reid lui-même, l'introduction de l'air par le haut et l'appel par le plancher, à la disposition contraire qu'il a dû conserver, et que, malgré les précautions qu'il a prises, il n'a pu éviter les inconvénients de l'élévation de la poussière et du refroidissement des pieds par l'effet de l'air affluent à travers le plancher.

D'une autre part, les effets favorables des moyens employés pour conserver à l'air le degré convenable d'hygrométricité et pour le rafraîchir en été, paraissent avoir eu l'approbation générale et mériter une sérieuse attention.

12. *Chauffage et ventilation des salles des séances du parlement.* — D'après ce qui précède, on voit que l'on a essayé, pour assurer le chauffage et la ventilation de ces salles et des bureaux qui en dépendent, divers procédés avant d'arriver à

celui qui est aujourd'hui en usage depuis trois ans et dont on se dit satisfait.

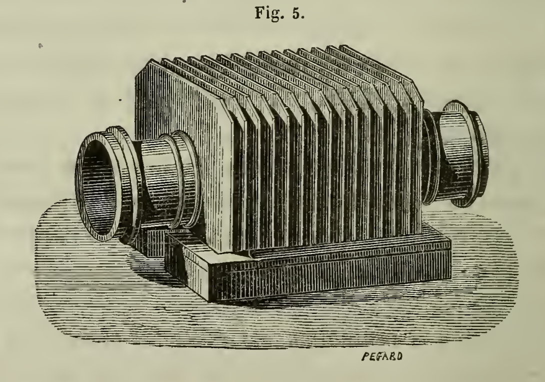
Vers 1845 à 1847, on a essayé le système de l'insufflation à l'aide de deux ventilateurs qui existent encore, mais qui ne fonctionnent plus depuis longtemps. L'un se composait de deux roues à aubes planes, de 6 mètres de diamètre sur 1 mètre environ de largeur chacune; l'autre de 6 mètres de diamètre, à aubes courbes, entourés de deux enveloppes tronconiques, offrant à la circonférence extérieure une largeur de $0^m,75$. L'air que ces ventilateurs devaient refouler était, au préalable, chauffé par des jeux de tuyaux à vapeur verticaux en très-grand nombre et de $0^m,10$ à $0^m,12$ de diamètre.

Tous ces appareils sont complétement abandonnés. On a également renoncé à l'emploi de l'eau chaude, auquel on reprochait, dit-on, la lenteur de l'échauffement.

Le système qui fonctionne aujourd'hui d'une manière qui paraît assez satisfaisante, au moins quant à la température, est uniquement basé sur l'aspiration.

Sous chacune des salles d'assemblée des lords ou des communes se trouve, au rez-de-chaussée, une salle de même dimension et d'environ $5^m,50$ de hauteur, partagée par un

Fig. 5.



plancher intermédiaire, dont la plus grande partie est formée par des grilles. Sur le sol inférieur règnent quatre rangées

parallèles de tuyaux chauffés à la vapeur et qui n'ont que 0^{m},025 diamètre intérieur. Ces tuyaux sont, de distance en distance, renflés et entourés de plaques de tôle carrées destinées à absorber par conductibilité (*fig.* 5) et à transmettre à l'air la chaleur abandonnée par la vapeur condensée, que des tuyaux de retour ramènent aux chaudières.

Les tuyaux principaux d'arrivée de la vapeur ont environ 0^{m},025 de diamètre intérieur. Ils sont soigneusement enveloppés. Ceux de retour d'eau ont à peu près 0^{m},014 de diamètre.

L'air nouveau, que l'on veut faire pénétrer dans les salles, entre dans ces chambres inférieures par de très-larges ouvertures, égales en surface au moins à la moitié de chacun des grands côtés, et devant lesquelles sont étendues verticalement des espèces de rideaux en canevas à grandes mailles, que l'air est obligé de traverser avant d'entrer dans les salles et contre lesquelles il se débarrasse de la poussière. Cet air est pris au rez-de-chaussée et au niveau des cours.

Afin qu'il ne devienne pas trop sec, même l'hiver, par suite de l'échauffement qu'il éprouve, on a placé les tuyaux de retour de vapeur dans une auge où il y a de l'eau, qui, échauffée par celle qui provient de la condensation, se transforme en partie en vapeur. L'été, pour rafraîchir l'air, on a disposé devant chaque orifice d'entrée de l'air un petit tuyau percé d'un orifice capillaire et qui, au moyen d'un robinet, permet de répandre en avant du canevas et en dehors de la salle une sorte de poussière aqueuse qui, en se vaporisant, refroidit très-notablement cet air au moment où il arrive.

Cette évaporation de l'eau produit un effet très-remarquable : car, d'après ce que l'on m'a assuré, quand la température extérieure était de 26° environ, l'on a pu abaisser celle de l'air dans les chambres à air à 18° et même à 12°. Si ce résultat, que je chercherai à faire constater, est exact, il y aurait là un moyen assuré de rafraîchir l'air à introduire pendant l'été dans les lieux à ventiler. Il convient d'ailleurs de remarquer que le volume d'eau ainsi répandu dans l'air

est excessivement faible, qu'il est divisé en poussière aqueuse à peine perceptible, et qu'il en arrive très-peu sur le sol, qui est dallé et pourrait être bitumé.

L'air qui est entré ainsi par appel dans la chambre inférieure pénètre dans la salle d'assemblée, située immédiatement au-dessus, à travers des grillages en fonte qui règnent sur toute son étendue et qui laissent libre pour son passage au moins le tiers de leur surface totale. Cet air débouche sous tous les gradins latéraux et sous tous les bancs et passages. Sur les marches et dans une partie des couloirs, les grilles sont simplement recouvertes d'une sorte de filet ou tapis de sparterie à larges mailles, laissant des ouvertures à peu près égales en surface à celles des orifices des grilles. Mais, aux places des membres des assemblées, il y a sur les grilles un premier tapis aussi en sparterie, à tissu très-ouvert, que l'on recouvre d'un vrai tapis, assez mince et perméable à l'air.

Cette disposition, qui a pour but d'éviter aux personnes l'inconvénient de l'arrivée de l'air frais vers les jambes, apporte un obstacle sensible à l'introduction de l'air, et il paraît même que, pour certaines personnes, elle n'est pas encore suffisante, attendu que j'ai vu, à quelques places, qu'entre les deux tapis on en a inséré un troisième en toile peinte et tout à fait imperméable.

Un autre inconvénient du passage de l'air à travers les tapis, c'est de donner lieu à l'élévation d'une grande quantité de poussière dès qu'on marche dessus. C'est ce qui a été déclaré dans l'enquête de 1854, comme on l'a dit plus haut.

Outre ces orifices d'accès de l'air, on en a ménagé d'autres plus libres dans certains endroits, soit par des conduits verticaux, qui débouchent à 2 mètres environ au-dessus du sol, soit dans quelques parois verticales des passages de circulation.

D'une autre part, la température à laquelle on élève l'air dans la chambre à air est, à très-peu près, celle que l'on veut conserver dans la salle pendant l'hiver. Ainsi, quand l'air est

à zéro à l'extérieur, on peut l'échauffer dans la chambre à air à 16 ou 17°, et la température de la salle ne dépasse pas, assure-t-on, 18 à 20°. On a vu que l'été, par l'évaporation de l'eau, on peut aussi ramener l'air extérieur à 18° environ.

Il résulte de là que, dans toutes les saisons, l'air introduit est à une température très-peu différente de celle que l'on veut maintenir dans les salles d'assemblée. Ce résultat mérite confirmation ; mais on comprend de suite qu'il ne peut être obtenu que par l'admission et par l'extraction d'une quantité d'air assez considérable, à moins que l'étendue des surfaces refroidissantes des murs et des fenêtres ne compense l'effet de l'échauffement produit par la présence des membres et du public.

L'extraction de l'air vicié se fait par l'aspiration énergique que produit une cheminée qui est ménagée dans une des hautes tours du palais. Cette cheminée a environ 115 mètres de hauteur sur 1m,80 de diamètre intérieur à la base ; on la chauffe à l'aide du coke.

L'air vicié sort des salles de deux façons différentes. Dans la partie assez restreinte qui est occupée par le public, il est appelé à travers les grilles qui ne sont recouvertes d'aucun tapis et à travers les contre-marches de quelques gradins voisins. Dans les autres parties de la salle, l'air nouveau arrivant au contraire par les planchers, l'air vicié s'échappe par les caissons du plafond, dans lesquels de nombreux passages sont ouverts. Dans les deux cas, cet air vicié descend vers des conduits inférieurs, qui le mènent à la base de la grande cheminée d'appel.

Ainsi l'évacuation se fait par appel par en bas, comme dans les anciennes chambres du parlement.

En résumé, le système de la ventilation par insufflation a été abandonné, après des essais infructueux, et remplacé par l'introduction et l'extraction par appel.

La Chambre des communes a 22m,27 de longueur, 13m,72 de largeur, et 12m,50 de hauteur au centre du plafond, ce qui correspond à une capacité de 33 819 mètres cubes environ.

La chambre à air ayant $5^m,50$ de hauteur et la même superficie, on voit que la capacité de cette chambre est d'environ $\frac{5,55}{12,50} = \frac{1}{2,3}$ de celle de la salle d'assemblée. Cette large proportion facilite beaucoup l'arrivée de l'air et l'uniformité de sa température.

Le nombre des membres de cette Chambre est de 373. En tenant compte des absents et de la présence du public, il n'y a au plus que 800 personnes dans la salle, et le rapport de sa capacité à celui des personnes présentes est d'environ 70 à 80 mètres cubes par personne.

Aucune expérience n'a été faite pour déterminer les volumes d'air entrés, et je n'ai pu me procurer d'autres résultats que ceux que j'ai rapportés précédemment. Quelques pairs que j'ai consultés se plaignent que l'air intérieur des salles est lourd et porte au sommeil. Ils assurent qu'ils sont parfois obligés de réclamer l'ouverture des fenêtres; mais il faut observer que les séances ont lieu le soir, après le dîner, et se prolongent souvent assez tard.

13. *Salle des ingénieurs civils à Londres.* — Cette salle peut contenir 200 personnes. Elle est éclairée par deux lustres relevés à fleur du plafond et presque logés dans sa surface, qui est, à cet endroit, garnie d'une plaque de fonte percée d'un grand nombre de trous et communiquant avec un tuyau d'échappement de l'air. C'est par ces deux tuyaux que se fait l'évacuation de l'air vicié fortement échauffé et appelé par les lustres.

L'air nouveau arrive par un grand nombre de trous de 1 pouce ou $0^m,025$ environ de diamètre, percés sous les bancs, presque en arrière et le plus loin possible des jambes des assistants. L'arrivée de cet air est très-sensible.

Le dessous de l'amphithéâtre peut communiquer avec l'air extérieur, qui n'est pas chauffé.

Le 13 mai 1862, à la séance à laquelle nous avons assisté, il faisait très-chaud dans cette salle, et il y avait une certaine

odeur de gaz. Il nous a été assuré que l'été il y faisait excessivement chaud.

Le nombre d'orifices percés dans le plancher, quoique déjà considérable et pouvant, dans certain cas, donner lieu à une introduction d'air assez gênante, n'est cependant pas suffisant pour alimenter l'appel que détermine la chaleur développée par la combustion du gaz. Il en résulte qu'il s'établit par la porte supérieure d'admission, dans l'amphithéâtre, un courant d'air rapide et incommode.

14. *Maison particulière à Londres.* — L'intérieur de cette maison est éclairé au gaz. Il y a au rez-de-chaussée, dans la salle à manger, deux lustres de trois becs chacun, et autant au premier étage, dans les deux salons. Au-dessus de chaque lustre, au plafond, est une rosace offrant à l'air chaud et aux produits de la combustion des passages d'évacuation.

Dans l'épaisseur du plafond on a ménagé un canal de $0^m,20$ environ de hauteur sur $0^m,30$ de large, qui conduit l'air vicié dans une cheminée située dans le mur mitoyen et qui contient un poêle annulaire à eau chaude, destiné à activer l'appel.

Dans la salle à manger, où le buffet est placé dans une sorte d'alcôve, il y a en outre, à l'un des angles, vers le plafond, une large ouverture, tout à fait libre, de $0^m,30$ de diamètre environ, formant l'origine d'un tuyau qui se rend dans la cheminée de l'usine contiguë. Enfin la cheminée, chauffée au charbon, contribue aussi à l'évacuation. On obtient ainsi l'évacuation de l'air vicié par un appel activé par la chaleur.

L'introduction de l'air nouveau est déterminée à l'aide d'un ventilateur dont la vitesse est réglée par divers appareils ingénieux qu'il est inutile de décrire. Elle se fait 1° par les joints du plancher, qui est composé de madriers d'environ $0^m,15$ à $0^m,16$ de largeur, laissant entre eux des ouvertures de $0^m,006$ à $0^m,008$ à peu près ; 2° par un intervalle de même dimension qui règne à peu près tout autour des pièces, sous la plinthe, qui est au bas du lambris. Les planchers sont, à

cet effet, établis à une distance convenable du plafond de l'étage inférieur.

Mais, comme cette introduction d'air, relativement frais, serait parfois très-gênante, le plancher est, selon l'usage anglais, recouvert d'un tapis qui repose sur une sorte de thibaude végétale. C'est à travers ces deux tissus, dont le supérieur est en moquette assez épaisse, que l'air doit passer pour entrer dans les appartements. On conçoit facilement qu'il éprouve au passage une résistance très-sensible, qui, pour être vaincue, exige que l'air acquière, par l'action du ventilateur, une certaine pression. Cet effet se manifeste d'une manière très-notable dès que l'on ouvre la communication, qui permet à l'air d'affluer sous le plancher. Le tapis se soulève alors sur la plus grande partie de son étendue et jusque vers les extrémités de la pièce, en se bombant de $0^m,10$ à $0^m,12$ au moins dans les endroits où il n'y a ni meubles ni personnes. Le passage de l'air à travers ces tapis est cependant assez sensible, car en posant une bougie allumée à sa surface, la flamme de cette bougie est légèrement agitée. Quant aux orifices ménagés sous la plinthe du lambris, on y sent très-bien à la main l'arrivée de l'air, et elle doit y être naturellement d'autant plus rapide, qu'il y a sur le tapis plus de meubles et de personnes qui gênent l'arrivée de l'air à travers son tissu. Cette dernière circonstance doit avoir pour résultat de restreindre d'autant plus l'arrivée de l'air à travers le tapis, qu'il y a plus de monde dans les appartements, ce qui montre l'un des inconvénients d'une semblable disposition pour des appartements de réception.

Des ventelles mobiles, de l'intérieur de l'appartement permettent de régler, de modérer ou de suspendre, à volonté et selon les circonstances, l'arrivée et l'évacuation de l'air.

Cette maison renferme une foule de dispositions ingénieuses pour assurer l'ouverture et la fermeture des portes dès qu'on s'en approche, pour éclairer l'intérieur par des becs de gaz placés au dehors, pour fermer les volets sans y toucher, etc.

15. *Palais de Sydenham.* — Ce bâtiment est établi sur un terrain en pente assez prononcée pour que d'un côté l'on arrive de plain-pied au rez-de-chaussée, tandis que de l'autre cet étage est à plus de 4 mètres au-dessus du sol. Cette circonstance a permis de réserver sous toute l'étendue du rez-de-chaussée un vaste espace vide, dont on a tiré parti pour la ventilation et pour le chauffage.

La température qu'il est nécessaire d'entretenir dans l'espace destiné aux plantes tropicales, que l'on nomme le *Tropical department*, étant bien supérieure à celle dont on peut se contenter pour le reste de l'édifice, on a été obligé d'établir une séparation à peu près complète dans toute la hauteur du bâtiment. Elle est formée par un immense panneau vitré, qui, par l'effet de sa transparence, interrompt le moins possible la continuité de l'aspect général. Dans le même but, on a placé sous cette partie un nombre proportionnellement beaucoup plus considérable de chaudières et de tuyaux de chauffage.

Le plancher du rez-de-chaussée est formé de madriers de $0^m,22$ de largeur moyenne, séparés les uns des autres à peu près uniformément de $0^m,015$ à $0^m,018$, de sorte que l'espace vide qui permet, comme on va le voir, le passage de l'air, est d'environ 1/12 de la surface totale, ou de 1/15 en tenant compte des parties recouvertes par différents objets.

C'est sous ce plancher, et du côté de la pente générale du terrain, que sont établies les chaudières, au nombre de vingt-cinq, destinées à procurer partout la température convenable, qui est d'environ 16 à 18 degrés dans l'ensemble, et de 30 à 35 degrés pour la partie réservée aux plantes tropicales.

Toutes ces chaudières sont semblables, et ont la forme d'un demi-cylindre annulaire de $1^m,30$ environ de diamètre intérieur, de $0^m,45$ d'épaisseur, et de $5^m,50$ de longueur. Au sommet de ce cylindre s'élèvent deux tuyaux de départ de l'eau chaude, de $0^m,20$ de diamètre, et vers le fond pénètrent deux tuyaux de retour du même diamètre, qui sont en com-

munication avec les précédents, comme dans le chauffage par circulation d'eau par les tuyaux généraux d'aller et de retour. Dans ce système, analogue à celui des serres, il n'y a pas de récipient supérieur, et les chaudières étant d'ailleurs à basse pression, cela a permis d'employer des tuyaux de fonte d'assez grands diamètres, que l'on s'est contenté de réunir par un emboîtement, comme les conduites d'eau ordinaires. Tout le système des tuyaux d'aller et de retour étant sous le plancher du rez-de-chaussée et au-dessus d'un sol non utilisé, les fuites d'eau, assez faibles d'ailleurs, qui se produisent, n'ont pas d'inconvénient, mais il n'en serait pas de même dans d'autres conditions.

Chaque chaudière alimente à peu près en moyenne 3200 mètres de tuyaux de circulation (aller et retour compris), et la totalité du développement de tous ces tuyaux est d'environ 75 à 80 kilomètres, c'est-à-dire à peu près la distance de Londres à Douvres.

L'air nouveau qui doit être admis dans l'intérieur est introduit sous les planchers par de larges et nombreuses ouvertures ménagées dans les soubassements du bâtiment. Il s'y trouve en contact avec les tuyaux de circulation de l'eau, et est ainsi naturellement appelé dans l'intérieur. Si l'on se rappelle que l'espace libre laissé dans le plancher est d'environ 1/15 de sa surface, et par conséquent de $0^{mq},066$ par mètre carré, l'on voit qu'en supposant seulement à l'air une vitesse d'admission de $0^{m},20$ par seconde, à peine sensible aux organes les plus délicats, l'on peut, par ce dispositif, introduire, par heure et par mètre carré de plancher, $0^{mq},066 \times 0^{m},20 \times 3600 = 47^{mc},52$ d'air; et comme il n'y a jamais une personne par mètre carré de superficie du plancher, il s'ensuit que, par ces dispositions très-simples, l'on obtient une ventilation très-abondante et en même temps très-peu sensible.

Il est cependant probable que, dans les emplacements destinés au public qui assiste à des concerts, à des lectures, la chaleur développée par les personnes venant en aide à

l'élévation de la température inférieure, la vitesse de l'air doit être plus grande que nous ne l'avons supposé; mais elle ne doit sans doute jamais atteindre une intensité gênante.

Quant au département tropical, où l'on ne fait que circuler, et où la température est élevée, la vitesse d'arrivée de l'air est insensible pour les promeneurs.

Ce système d'admission de l'air conviendrait parfaitement aux édifices qui ont une destination analogue, tels que les musées, les lieux d'exposition, de promenade, etc. Nous l'avions indiqué en 1855 pour l'Exposition universelle; et pour n'avoir pas voulu l'adopter et avoir eu recours à une simple et unique galerie souterraine, on a éprouvé de graves inconvénients et des difficultés que l'on n'a pu surmonter.

Une disposition analogue, mais que je crois incomplète faute d'espace et surtout d'orifices suffisants d'admission de l'air, existait à l'Exposition universelle de 1862 à Londres.

Au palais de Sydenham l'évacuation de l'air est assurée à l'étage des galeries au moyen d'ouvertures garnies de persiennes mobiles à volonté, et dans les parties supérieures par des moyens analogues. Les joints nombreux et inévitables qu'offrent toujours les panneaux vitrés assurent d'ailleurs des surfaces d'écoulement plus que suffisantes. En été, l'échauffement des vitrages par le soleil est encore un auxiliaire puissant pour cette ventilation, qui se fait ainsi exclusivement par voie d'appel naturel, dû aux seules différences de température et sans moyens auxiliaires d'échauffement.

16. *Ventilation des vaisseaux.* — Le docteur Reid, après avoir cité l'exemple d'un accident très-grave arrivé au vaisseau de la marine royale *le Minden*, en 1819-20, dans lequel un maître d'équipage et cinq hommes furent presque complétement asphyxiés en descendant dans la cale, indique diverses dispositions propres à assurer la ventilation de toutes les parties d'un navire.

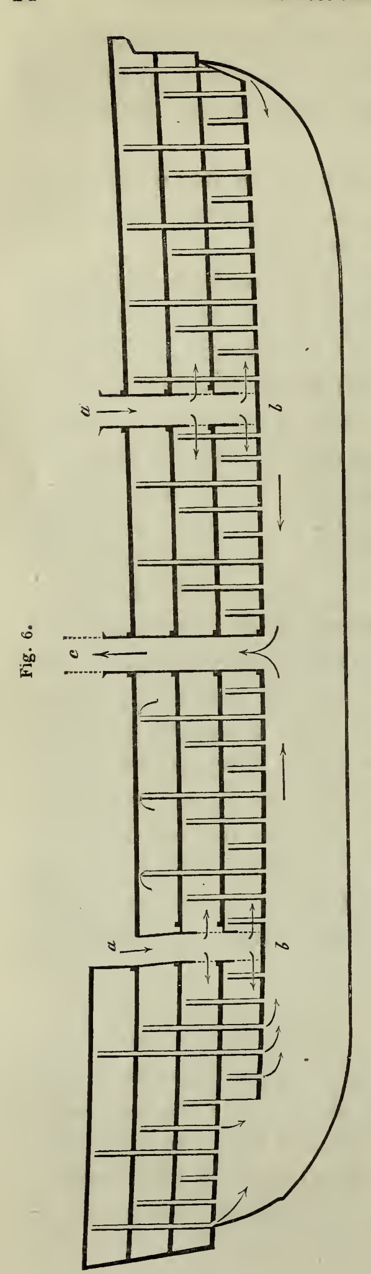


Fig. 6.

La plus générale est représentée dans la figure 6 ci-contre. L'air nouveau entrerait par deux conduits adaptés aux écoutilles *a a*, qui, par des ouvertures convenablement réglées, le répartiraient à tous les étages supérieurs à la cale. Des conduits verticaux ayant leurs bouches supérieures près du plafond et distribués sur toute la longueur du bâtiment à tribord et à bâbord, conduiraient, séparément et sans communication entre eux, l'air vicié des entreponts dans la cale, au milieu de laquelle un conduit d'évacuation vertical, placé au-dessous de l'écoutille centrale, déterminerait l'appel général de l'air vicié. Des registres convenablement placés permettraient de régler l'évacuation selon les besoins particuliers des diverses parties du bâtiment.

L'appel d'air vicié pourrait être, selon les cas, activé par un foyer spécial, par la chaleur surabondante des fourneaux de cuisine ou de distillation de l'eau, et enfin par des ventilateurs aspirants. Les cheminées d'introduction

et d'évacuation pourraient être terminées par des chapeaux mobiles qui permettraient de profiter de l'action du vent ou de la vitesse de marche du navire, pour activer l'entrée et la sortie de l'air.

Sur les bateaux à vapeur, l'action centrifuge des roues pourrait être mise directement à profit, ou bien l'on pourrait avoir recours à la puissance motrice de la machine pour faire agir des ventilateurs, ou à celle d'une petite machine auxiliaire en tours de stationnement.

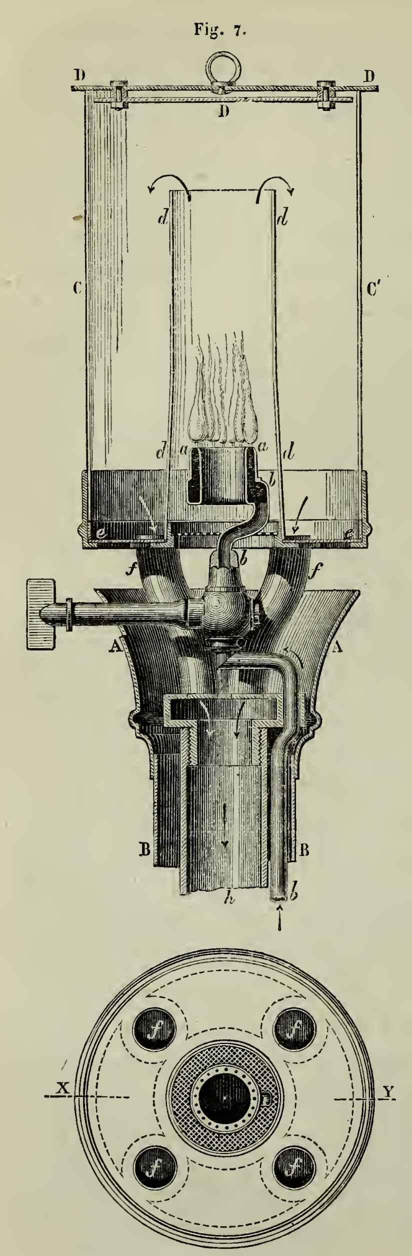
Les dispositions peuvent être très-variées, selon la nature de la construction et la destination des bâtiments, mais on conçoit qu'il n'y a pas de difficulté sérieuse qui s'oppose à l'introduction d'une amélioration si importante pour l'état sanitaire des marins.

17. *Échappement des gaz brûlés de l'éclairage à l'extérieur.* — L'usage de l'éclairage au gaz dans l'intérieur des lieux publics, des magasins, et même des appartements privés, a, depuis plusieurs années, conduit en Angleterre à adopter des moyens d'assurer l'évacuation des produits de la combustion à l'extérieur, pour éviter ou atténuer les inconvénients de leur odeur et de la chaleur qu'ils développent.

On en a vu un exemple ingénieux dans ce que nous avons dit de la ventilation d'une maison particulière, où le courant déterminé par la chaleur de ces gaz, aidé par un appareil de chauffage, servait à la ventilation. La salle des séances de la Société des Ingénieurs civils nous en a offert un autre; mais en dehors de la question de ventilation, on rencontre fréquemment en Angleterre des dispositions ayant simplement pour objet l'évacuation des gaz chauds produits par la combustion. Le restaurant français établi dans Regent's street offre une disposition analogue à celle que nous avons essayée au Conservatoire. Le lustre à gaz est recouvert par un chapeau formant réflecteur, et prolongé par un tuyau vertical de petit diamètre, qui conduit les gaz à l'extérieur de la salle.

On voit dans la salle des Pas-Perdus du Parlement des

Fig. 7.



candélabres à gaz disposés de manière que les produits de la combustion sont renfermés en vase clos et s'échappent vers les galeries souterraines d'appel par l'intérieur du candélabre, qu'ils transforment ainsi en sorte de poêle en lui abandonnant une partie de leur chaleur.

La figure 7 donne une idée de la disposition de ces appareils.

AB est le candélabre qui supporte le bec *a* alimenté par un petit tuyau coudé *bb*, et surmonté d'un verre ordinaire *dd*.

En dehors de ce verre et sur la partie supérieure AA du candélabre, repose un autre verre cylindrique CC, recouvert par une double plaque D en mica, qui s'oppose à l'échappement des gaz brûlés par la partie supérieure de CC. Le fond du cylindre CC est formé aussi par une plaque de mica *ee* qui est percée en son milieu pour laisser arriver au bas l'air extérieur et qui reçoit le verre intérieur *dd*.

Outre cette ouverture

centrale la plaque *ee* en porte quatre autres disposées sur deux rayons perpendiculaires et qui reçoivent les extrémités de quatre tuyaux *ff*, lesquels, en se recourbant vers l'axe du candélabre, viennent déboucher inférieurement dans un tuyau central *hh*, communiquant avec les galeries souterraines d'appel.

On conçoit facilement, à l'aide de la figure 7 et de la description précédente, que le gaz afflue par le tuyau *bb*, alimente le bec, qui reçoit par-dessous la plaque de mica *ee* l'air nécessaire. Les produits de la combustion ne pouvant s'échapper par la partie supérieure du cylindre CC, obéissent à l'appel inférieur, descendent par les tuyaux *ff* et gagnent le tuyau central *hh*, et de là les galeries d'appel, en abandonnant une portion assez notable de leur chaleur.

On comprend que de semblables appareils peuvent permettre l'emploi du gaz dans l'intérieur des lieux habités, en évitant les inconvénients de l'odeur et du mélange des produits de la combustion avec l'air intérieur, mais c'est à la condition que les tuyaux d'échappement seront mis en communication avec des conduits d'appel suffisamment énergiques.

Des dispositions analogues à celles que nous venons de décrire devraient être employées dans les magasins, dans les ateliers et dans tous les locaux où l'on emploie un grand nombre de becs de gaz, et, en les combinant convenablement on pourrait utiliser une portion assez considérable de la chaleur développée par tous les appareils d'éclairage, pour assurer l'évacuation de l'air vicié et l'arrivée de l'air nouveau. Cela serait surtout facile dans les restaurants et dans les cafés, où la chaleur perdue des foyers, toujours allumés pour leur service, pourrait être ainsi mise à profit.

Chauffage et ventilation de quelques hôpitaux en Angleterre.

18. *De la ventilation de quelques hôpitaux anglais.* — M. le docteur Lefort, dans sa *Note sur l'hygiène hospitalière en*

France et en Angleterre, a donné sur les moyens de chauffage et de ventilation usités dans quelques hôpitaux anglais des renseignements intéressants, dont je reproduirai ici une partie.

Les dispositions adoptées en Angleterre pour le chauffage et la ventilation sont souvent les conséquences de la préférence très-prononcée que nos voisins ont généralement pour le chauffage à feu découvert avec des cheminées à la houille et pour la ventilation par l'introduction plus ou moins directe de l'air extérieur, sans chauffage préalable. Le bas prix de la houille et les conditions financières de l'administration des hôpitaux, presque toujours soutenus par des contributions volontaires, sont aussi pour beaucoup dans l'adoption de ces dispositions.

D'une autre part, la grandeur des salles de malades dans les hôpitaux anglais, étant généralement moindre que dans les nôtres, l'action aspiratrice des cheminées, que l'on allume même l'été, peut parfaitement suffire pour produire le renouvellement de l'air et assurer la salubrité.

Ainsi, par exemple, à l'hôpital de King's-Collége, à Londres, une salle de 25 mètres de longueur, de 7 mètres de largeur et de $4^{m},50$ de hauteur est destinée à 14 malades qui ont ainsi chacun $12^{m\,q},50$ de superficie et $56^{m.c},25$ d'espace. Dans cette salle, il y a trois cheminées chauffées à la houille, dont une centrale très-grande, et les deux autres plus petites. Or, des expériences directes, dont je ferai connaître les résultats au chapitre v, ayant montré que la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire, des dimensions ordinaires des cheminées d'appartements, modérément chauffée à la houille, pouvait produire l'évacuation de 1000 à 1200 mètres cubes d'air par heure, il n'y aurait certainement pas d'exagération à admettre que chacune des deux petites cheminées de la salle de l'hôpital du King's-Collége évacue aussi 1000 mètres cubes d'air par heure, et la grande 1500 mètres cubes, ce qui assurerait ainsi 3500 mètres cubes par heure pour 14 malades, ou l'énorme quantité de 250 mètres cube

par heure et par malade. Cette salle a d'ailleurs neuf fenêtres et deux portes, sans compter celles qui communiquent à deux pièces voisines. Les fenêtres à coulisses en usage en Angleterre, fermant, comme on le sait, toujours assez mal et étant en outre souvent, dans les hôpitaux, rendues mobiles, pour démasquer des orifices de prise d'air extérieur, garnis de persiennes, l'on voit facilement, qu'avec un pareil moyen de chauffage, l'on n'a pas à s'occuper d'installer des appareils de ventilation. La seule précaution à prendre c'est d'éviter que les arrivées d'air ne soient incommodes.

Dans le même hôpital, deux autres salles de six lits ont chacune une cheminée qui assure l'évacuation de 1000 mètres cubes d'air au moins par heure ou de 167 mètres cubes par heure et par lit. Elles ont chacune trois fenêtres et deux portes, ce qui est plus que suffisant pour les rentrées d'air.

19. *Hôpital de Glascow.* — Dans cet établissement dont M. L. Lefort a bien voulu me communiquer les plans, la ventilation s'opère aussi par l'action directe de la chaleur développée par la combustion de la houille dans des cheminées. L'on y a joint l'aspiration produite par la chaleur des parois des conduits de fumée. J'emprunte à la note de M. Lefort, la description suivante que l'examen des figures rendra encore plus claire.

« La façade (pl. I, fig. 1) est en ligne droite; mais en arrière, un prolongement de forme quadrilatère renferme les salles destinées aux internes et aux surveillantes. L'escalier est placé au centre de l'édifice, les salles, au nombre de huit, deux pour chaque étage, s'ouvrent à droite et à gauche.

« Elles occupent toute la largeur du bâtiment; chacune est éclairée par quatorze fenêtres, sept de chaque côté : ces fenêtres montent jusqu'au niveau du plafond; leur base est placée à $1^{m},20$ au-dessus du sol de la chambre. L'espace qu'elles occupent est au moins les deux tiers de la lon-

gueur des murs de façade : un lit correspond à chaque fenêtre*.

« La longueur de la salle est de $18^{m},24$, sa largeur de $8^{m},56$, sa hauteur de $4^{m},25$. Sa capacité est par conséquent de $663^{m.c},57$, et comme elle renferme 19 lits, dont 3 d'enfants, il en résulte que chaque malade a en partage $34^{m.c},92$ d'espace, et $8^{m.q},22$ de superficie. Mais cette quantité déjà suffisante, grâce à la ventilation, est encore considérablement augmentée, comme on va le voir.

A l'extrémité de la salle opposée à la porte d'entrée, s'ouvre un corridor dont la longueur égale les deux tiers de la salle principale. A gauche de ce corridor, se trouvent deux chambres destinées à un malade grave ou à un opéré. Chacune d'elles a sa cheminée particulière. La troisième donne accès dans une salle très-grande, éclairée par deux larges fenêtres, chauffée par une grande cheminée. Cette salle, sert dans la journée de bibliothèque ou d'ouvroir ; c'est le salon de conversation des malades de la grande salle, et tous ceux qui ne sont pas retenus au lit doivent s'y tenir pendant le jour ; c'est là également et sur la table qui en occupe le centre, que les repas sont servis à l'heure réglementaire. A droite du corridor s'ouvrent successivement : 1° la chambre de la surveillante ; 2° l'office ou lavoir ; 3° une salle de bains renfermant de plus les cuvettes, les serviettes et tout ce qui est nécessaire pour la toilette; des lieux à l'anglaise, tenus dans un remarqnable état de propreté, s'ouvrent, non sur le corridor, mais dans la salle de bain. Enfin, au fond du corridor, on trouve la cage de l'escalier mobile, dont la plate-forme s'élève et s'abaisse ponr faciliter le transport à tous les étages des malades invalides, des aliments, du charbon, etc.

« Le chauffage est effectué par des foyers ouverts, alimentés au charbon de terre et placés au centre de la salle, à chaque extrémité d'une cheminée quadrangulaire, à laquelle

---

* Les trumeaux sont beaucoup trop étroits et les lits sont en partie devant les fenêtres.

ses dimensions permettent de contenir dans son épaisseur tous les tuyaux des autres étages (pl. I, fig. 2 et 3) et un espace de 1 mètre sur $1^m,20$ réservé au centre, est séparé en tubes d'aspiration destinés à enlever des salles l'air vicié par la respiration.

« Sur deux côtés du corps de cette cheminée centrale et près du plafond de la salle, existe une ouverture qui conduit cet air dans le tuyau à fumée; sur les deux autres côtés, et au même niveau, deux autres ouvertures l'amènent dans les tubes d'aspiration. Si l'on ajoute à ces quatre ouvertures celles des deux cheminées, on aura six orifices pour l'écoulement de l'air vicié de la grande salle, écoulement qui se fait naturellement; la chaleur du foyer suffisant pour échauffer les tubes aspirateurs et déterminer le tirage.

« L'air frais entre dans la salle par trente-cinq ouvertures sans compter les portes. Six orifices, trois de chaque côté, placés dans le plafond, communiquent par un canal placé entre deux planchers contigus avec une ouverture ménagée dans la façade.

« Les murs (pl. I, fig. 4) sont en quelque façon dédoublés et interceptent dans leur épaisseur une sorte de canal interpariétal, qui s'ouvre au niveau de la partie supérieure et de le partie inférieure des quatorze fenêtres. L'air pénètre ainsi entre les murs et arrive dans la salle par vingt-huit ouvertures placées dans les angles que forment les murs latéraux avec le plafond et avec le plancher. Il suffit de lever de $0^m,05$ la moitié supérieure ou de baisser de la même quantité la moitié inférieure de chaque fenêtre pour intercepter en grande partie l'entrée de l'air par cette voie indirecte. Enfin au-dessus de la porte, se trouve une large ouverture à claire-voie qu'on ouvre et ferme à volonté. Ces moyens permettent une ventilation graduée de la salle, parfaite, alors même que les fenêtres restent fermées, car l'on peut ventiler les angles supérieurs et inférieurs où l'air a de la tendance à séjourner. Le chauffage et la ventilation sont complétement indépendants. Les petites salles, la bibliothèque, la chambre de la

surveillante, ont chacune leur cheminée et leur fenêtre. L'office, la salle de bain, le watercloset ont une ventilation séparée.

« Les murs des salles sont recouverts d'une couche de ciment analogue au stuc. »

Telle est la description que M. L. Lefort donne du système de chauffage et de ventilation adopté dans l'hôpital royal de Glasvow. L'on voit encore ici l'usage des cheminées à feu apparent pour le chauffage et leur utilisation directe et indirecte pour la ventilation, qui ne peut manquer d'être très-énergique ; car en admettant que chacune des deux cheminées ne détermine que l'évacuation de 1 000 mètres cubes par heure, cela correspondrait à $\frac{2\,000 \text{ mètres}}{19} = 105$ mètres cubes par heure et par lit dans les grandes salles. Les ouvertures pratiquées dans le tuyau de fumée directement au-dessus du manteau de la cheminée ne doivent pas contribuer à augmenter ce volume, ainsi que le font voir les expériences directes qui seront rapportées au chap. VII, mais elles servent au moins à diminuer près du foyer le tirage inférieur, qui pourrait être gênant pour les malades assis à proximité.

L'échauffement graduel et continu du massif de maçonnerie, compris entre les deux cheminées, est une bonne disposition, qui permet d'utiliser pour la ventilation une autre partie de la chaleur développée par le combustible. Mais je ne trouve pas l'on ait tiré parti de cette chaleur le mieux possible. Elle ne fait en effet ici qu'accroître l'évacuation déjà suffisante de l'air vicié, tandis qu'elle aurait pu être utilisée l'hiver pour chauffer une partie de l'air neuf introduit dans les salles, d'une manière analogue à ce qui a été pratiqué par la commission anglaise chargée de l'amélioration des casernes, chap. I, n° **24** et suiv.

Il faut en effet remarquer que si les dispositions adoptées assurent une rentrée abondante et facile de l'air neuf, rien ne paraît avoir été prévu pour que cet air arrive l'hiver dans

les salles à une température convenable, et dans cette saison le grand nombre d'ouvertures, de fenêtres plus ou moins mal closes, doit donner lieu à des rentrées d'air d'autant plus incommodes que les lits sont presque tous en partie directement devant les fenêtres.

En faisant arriver l'air neuf introduit par une partie des ouvertures (pl. I, fig. 4, 5) et par les conduits qui passent sous les planchers, dans les tubes qui sont établis dans le massif échauffé de la cheminée et en le conduisant par ces tubes au plafond supérieur, au lieu de le verser froid au plafond inférieur, on pourrait l'hiver fournir aux salles une partie de l'air neuf à une température modérée; ce qui d'ailleurs n'empêcherait pas que l'été l'introduction ne pût être rétablie telle qu'elle existe actuellement.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que si les cheminées à feu apparent sont d'un usage agréable et salubre, elles ne sont en réalité qu'un moyen très-peu économique et fort peu efficace de chauffage et il me paraît douteux que l'hiver à Glascow, les salles de l'hôpital royal soient suffisamment chauffées, malgré une grande consommation de combustible. S'il est vrai, comme on le dit, que cet hôpital, placé au milieu d'un riche bassin houiller, ait reçu de quelqu'un de ses fondateurs une dotation considérable en charbon, qui doit être consommé en nature, l'on comprend que la question d'économie du combustible ait pour cet établissement peu d'importance, mais il n'en saurait être de même ailleurs et surtout en France. D'une autre part, il convient de remarquer que produire la plus grande partie de l'appel de l'air vicié par l'âtre même de la cheminée, ne serait pas tout à fait sans inconvénient, si le volume d'air introduit n'était pas très-abondant et si les malades se tenaient dans le jour près de la cheminée. C'est par ce motif que les ouvertures d'évacuation disposées près du plafond dans le tuyau de fumée, me semblent, pour ce cas particulier, fort convenables.

Il faut d'ailleurs ajouter que l'habitude très-rationnelle d'obliger les malades, qui peuvent se lever, à se réunir dans

une salle particulière, outre qu'elle présente pour leur rétablissement plus d'un avantage, a celui de les éloigner des salles où sont réunis leurs compagnons de souffrance.

Je reviendrai d'ailleurs plus tard sur la question économique de ce système, qui pourrait être notablement modifié.

En résumé, le système de chauffage et de ventilation adopté pour l'hôpital royal de Glascow est remarquable aux points de vue suivants :

1° Il assure par heure et par lit une évacuation d'air vicié qui ne doit pas s'élever à moins de 100 mètres par heure et par lit;

2° L'introduction de l'air se fait par des prises ouvertes à l'extrémité des murs de façade à tous les étages et il afflue principalement par le plafond;

3° D'autres introductions nombreuses et en partie facultatives sont ménagées par le déplacement des châssis mobiles des fenêtres;

4° L'évacuation se fait par l'appel direct et indirect des cheminées.

20. *Hôpital de Guy à Londres.* — Les bâtiments élevés sur les plans de M. Rhode Hawkins se composent de deux ailes principales réunies par un pavillon central, contenant un vestibule et de vastes escaliers qui conduisent aux deux ailes, dont chacune a cinq étages, parmi lesquels trois sont destinés à recevoir les malades.

La façade antérieure du pavillon central pl. II, est flanquée de deux tours carrées AA, surmontées par des tourelles octogonales, qui servent de cheminées d'appel de haut en bas, pour l'air nouveau à introduire dans les salles des deux ailes. Cet air est ainsi puisé dans l'atmosphère à une hauteur d'environ 29 mètres au-dessus du sol extérieur (fig. 1 et 2).

Au milieu de la façade postérieure du même pavillon s'élève une tour carrée B, surmontée par une lanterne octogonale et un clocheton en fonte à jour. Cette tour, dont la

hauteur au-dessus du sous-sol, sur lequel sont établis les foyers, est de 59^{m},50, sert de cheminée unique d'évacuation de l'air vicié dans les salles, ainsi que de la fumée des fourneaux et de tous les foyers qui existent dans le bâtiment, comme on le verra plus loin.

L'édifice a cinq étages; au rez-de-chaussée sont les salles DD de réception pour les malades extérieurs venant en consultation, les salles de toilette correspondantes pour les hommes et les femmes, les salles de bains, les cabinets de consultation du médecin et du chirurgien, la pharmacie, les laboratoires, les cabinets particuliers du médecin et du chirurgien, le cabinet du dentiste, les logements des gens de service, des laboratoires, etc.

Le premier, le deuxième et le troisième étage forment trois divisions, disposées sur un plan uniforme et comprenant chacune quatre grandes salles EE de 70 pieds anglais ou 21^{m},35 de longueur, 21 pieds anglais ou 6^{m},40 de largeur, 14 pieds anglais ou 4^{m},27 de hauteur, et une grande salle de réunion F pour la journée, ayant 48 pieds anglais ou 14^{m},64, sur 38 pieds anglais ou 9^{m},15, située à la rencontre des salles, avec des chambres pour les sœurs, des lavoirs, une chambre de bains, un cabinet d'aisances et une étuve qui s'ouvre au dehors. Chaque salle particulière a, en outre, ses lieux d'aisances; ces derniers étant, dans tous les cas, en dehors des salles.

Le nombre des malades admis dans chaque aile est de 150, dont 50 dans chaque division du premier, du deuxième et du troisième étage. Les salles de subdivisions EE contiennent de 12 à 13 lits. Il y a six personnes attachées à chaque division, savoir : deux sœurs et quatre gardes pour les 50 malades.

Le volume d'espace alloué pour chaque lit, dans les salles, est de 1600 à 1700 pieds cubes ou de $44^{m.c}$,8 à $47^{m.c}$,6.

A l'étage supérieur sont les dortoirs des gardes et des autres personnes du service.

La totalité du bâtiment, à l'exception du vestibule central, du grand escalier et de quelques-uns des logements des em-

ployés au rez de-chaussée, est chauffée et ventilée artificiellement par appel. L'espace ainsi chauffé et ventilé est d'environ 500 000 pieds cubes anglais ou 14 000 mètres cubes, dont pour :

	Pieds anglais.		Mètres cubes.
Les différents logements.......	110 000	ou	3080
Les trois divisions............	315 000	ou	8820
Les dortoirs...................	75 000	ou	2100
	500 000 pieds.		14000

Le système de chauffage et de ventilation adopté pour l'hôpital de Guy est celui de feu M. John Sylvester et il a été établi par M. Egan Rosser, ingénieur, auquel je dois les renseignements et les résultats d'expériences que je vais faire connaître.

Dans ce système, l'air nouveau, pris à une grande hauteur afin d'assurer sa plus grande pureté, descend par la cheminée d'appel jusqu'au bas de l'édifice, où il débouche dans de vastes galeries GG (pl. II, fig. 1 et 2), appelées chambres d'air, qui règnent sous toute l'étendue du bâtiment. De ces chambres il se rend dans des conduits verticaux établis dans l'épaisseur des murs, mais après avoir passé entre des groupes de tuyaux horizontaux de circulation d'eau chaude pour le service d'hiver.

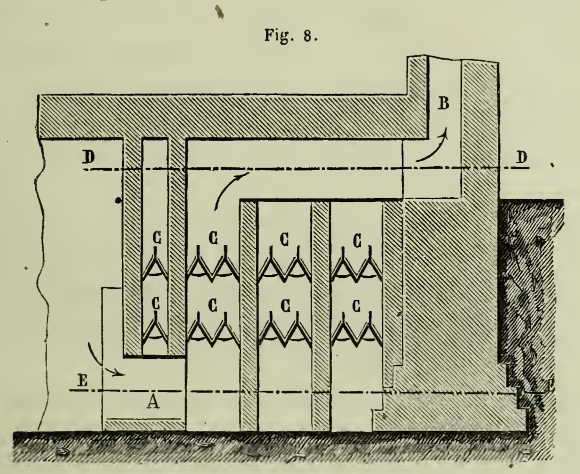
L'air nouveau ainsi échauffé vient déboucher dans chacune des salles à chauffer ou à ventiler par des orifices ménagés près des plafonds.

Le long du mur de face antérieur et à sa base il n'y a que deux rangées de tuyaux horizontaux *aa*, l'une pour le départ, l'autre pour le retour de l'eau, parce qu'ils ne sont destinés qu'au chauffage du rang de pièces simples placées de ce côté au rez-de-chaussée.

En avant et dans toute la longueur du mur de refend, il y a sept rangées de tuyaux horizontaux *b*, *b*, *b*, pour le départ, et autant pour le retour de l'eau. Ils sont destinés à chauffer, l'hiver, l'air nouveau qui doit ventiler les trois étages des salles de malades.

En avant et dans toute la longueur du mur de face postérieur, il y a trois rangées de tuyaux horizontaux *cc*, pour le départ et autant pour le retour de l'eau chaude. Ils sont destinés à chauffer, l'hiver, l'air d'alimentation des pièces habitées du rez-de-chaussée correspondantes, et qui sont plus nombreuses que de l'autre côté.

Fig. 8.



Les tuyaux de circulation d'eau chaude sont à section triangulaire et disposés comme l'indique le croquis ci-dessus.

Cette forme a pour objet d'obliger l'air à passer le long de surfaces de chauffe plus grandes que celles qu'offriraient des tuyaux horizontaux cylindriques.

L'air qui a circulé entre les tuyaux gagne ensuite, comme on l'a dit, des conduits verticaux *dd* ménagés dans l'épaisseur des murs.

La coupe transversale du bâtiment (fig. 1) fait voir qu'à tous les étages l'air arrive près des plafonds *dd* au rez-de-chaussée; il est fourni, comme on l'a dit, par les tuyaux *dd* placés le long des façades, et aux autres étages par ceux du milieu.

Des conduits verticaux *e, e, e,* établis dans l'épaisseur des murs de face et ouverts à fleur du plancher, dirigent séparément l'air vicié de chaque étage, au moyen d'autres con-

duits horizontaux *ff*, dans un grand conduit principal *gg* placé dans le comble, et qui se termine à la tour d'évacuation établie au pavillon central, laquelle reçoit aussi la fumée des fourneaux d'eau chaude et des chaudières.

Il y a dans chaque division 79 conduits d'introduction d'air dans les salles, et 63 conduits d'évacuation pour 150 lits, sans compter ceux de la salle de réunion de jour et des différents cabinets. On a eu soin de ne placer dans les lieux d'aisances que des cheminées d'évacuation, afin que l'appel de l'air s'y fasse toujours de l'extérieur vers l'intérieur de ces cabinets. En dedans du grand conduit *gg* d'air vicié, qui a environ $1^m,80$ de largeur, passe un tuyau principal de fumée *hh* en fonte, de $0^m,90$ à peu près de diamètre, dans lequel viennent déboucher tous les conduits de fumée *ii* des foyers des appartements particuliers et des salles. Un tuyau de circulation d'eau chaude parcourt aussi ce grand conduit et assure la ventilation d'été.

Ce conduit principal aboutit à un autre *kk*, vertical, qui verse dans la grande cheminée d'évacuation B tous les produits de la combustion de ces foyers et l'air vicié qu'ils ont contribué à aspirer.

On voit que ces tuyaux de fumée, outre l'effet direct de ventilation qu'ils produisent dans les salles, peuvent aussi, par la chaleur de leurs parois métalliques, contribuer à activer l'appel de l'air vicié qui les entoure dans le canal *gg*.

Enfin, au centre et dans l'axe de la cheminée générale B, s'élève le tuyau de fumée des calorifères, qui y verse ses produits à une hauteur supérieure à celle du comble. Il résulte de cette disposition, dans la saison du chauffage, un appel énergique et une élévation notable de la température de l'air vicié, dès qu'il a atteint les conduits supérieurs, ce qui donne l'hiver une grande activité à cet appel.

Il y a lieu de remarquer que la circulation d'eau chaude se fait, principalement dans les appareils employés, dans le sens horizontal, et que la distance verticale des tuyaux de départ et des tuyaux de retour n'excède guère $0^m,50$. Cette disposi-

tion n'est peut-être pas la plus favorable pour obtenir d'une surface donnée de tuyaux l'échauffement du plus grand volume d'air possible ; mais d'un autre côté l'établissement au rez-de-chaussée, dans des galeries closes et non habitées, de ces tuyaux, dont le développement est de plus de 550 mètres pour chaque aile, diminue beaucoup l'inconvénient des fuites d'eau. Aussi est-ce le mode le plus généralement employé en Angleterre pour les chauffages par circulation d'eau chaude. La forme de prismes triangulaires donnée aux tuyaux et les dispositions prises pour assurer l'échauffement de l'air sont d'ailleurs favorables, et les tuyaux n'étant soumis à aucune pression, cette forme n'a pas d'inconvénient.

Dans cet édifice on paraît avoir réalisé avec succès le problème pour lequel M. Reid avait échoué au parlement, et qui consiste à n'avoir qu'une seule cheminée générale d'évacuation, non-seulement pour l'air vicié, mais encore pour la fumée de tous les feux d'un même bâtiment.

Nous ferons cependant connaître plus loin quelques inconvénients qui ont été observés quand les feux ne sont pas également activés, ou quand les cheminées où il n'y en a pas sont imparfaitement fermées, ce qui paraît difficile à éviter.

Le système de ventilation ainsi établi est tout à fait indépendant des moyens accidentels de ventilation des salles, auxquels on peut recourir quand le temps permet d'ouvrir les fenêtres. Dans la distribution des grandes divisions l'on a porté une attention particulière à obtenir tous les avantages possibles de ce que l'on nomme la ventilation naturelle. Les salles particulières de chaque division sont placées deux à deux l'une à côté de l'autre, de manière qu'un mur de refend allant jusqu'au centre de l'édifice les sépare. Chaque salle n'a de fenêtre que d'un côté, mais il y a dans le mur de refend de larges arcades ouvertes, par lesquelles il peut s'établir un courant d'air au travers des deux salles contiguës, quand les fenêtres sont ouvertes, à peu près comme si chacune de ces salles avait des fenêtres des deux côtés. Les fenêtres sont fermées par des châssis ordinaires à coulisses

verticales, et leur ouverture ne trouble en rien le système de l'appel général.

La ventilation constante d'été du bâtiment est calculée pour fournir en 1',70 pieds cubes (1,96 mètres cubes) ou $117^{m \cdot c}$,60 par heure et au delà à chaque malade. Dans l'hiver, le volume d'air nouveau à fournir est calculé de manière à concilier le maintien d'une ventilation efficace avec la conduite économique de l'appareil de chauffage. Pendant le froid très-rude qui a eu lieu en février et mars (1862) l'on a fait une série d'expériences pour déterminer la ventilation effective, et la comparer à la consommation de combustible nécessaire pour chauffer cet air.

Le volume d'air introduit dans la cheminée d'appel a été mesuré à diverses reprises à l'aide de l'anémomètre. L'ouverture par laquelle l'air passe de cette cheminée dans les conduits d'air froid est munie d'une ventelle à coulisse, au moyen de laquelle l'aire de l'orifice d'introduction peut être agrandie ou diminuée à volonté; à chaque observation l'on mesurait cette ouverture. Pendant la première partie de la période sur laquelle les expériences s'étendent, l'alimentation d'air neuf fut entièrement supprimée durant la nuit, ainsi que le chauffage des appareils. Cette marche avait été suivie dans l'hôpital pendant les deux derniers hivers, et semble avoir eu pour origine la tendance à donner plus d'importance aux considérations d'économie qu'à celles qui sont relatives à la salubrité, tendance qui se manifeste souvent là où l'on devait le moins s'attendre à la rencontrer. Ainsi qu'on pouvait le prévoir, la suspension de la ventilation pendant la nuit avait déterminé dans les salles une odeur désagréable, particulièrement sensible le matin.

Ce système ayant été abandonné, l'air nouveau fut aussi introduit pendant la nuit, le volume admis étant toutefois proportionné à la puissance calorifique conservée par l'appareil de chauffage, dont le feu n'était pas alimenté pendant la nuit, mais simplement remué.

Le volume d'air nouveau admis pendant la nuit, en opé-

rant ainsi, n'ayant été qu'une seule fois égal à 25 pieds cubes en 1 minute ($42^{m \cdot c}$,00 en 1 heure) seulement par lit, et ayant été souvent le double, on peut en conclure que la ventilation de nuit n'a jamais été trop insuffisante.

La ventilation de jour des salles s'est élevée en moyenne à 67 pieds cubes par minute ($108^{m \cdot c}$,96 par heure) et par lit; et dans une seule occasion elle n'a été que de 37 pieds cubes anglais ($62^{m \cdot c}$,16 par heure).

Les pièces du rez-de-chaussée ne sont pas constamment occupées, mais dans les salles d'attente pour consultations il y a souvent un très-grand nombre de personnes réunies pour un temps assez court; pendant environ 2 heures. Ces salles contiennent quelquefois 300 personnes, et la ventilation est donnée à raison de 3300 pieds cubes en une minute, ou 5544 mètres en une heure, soit 11 pieds cubes par minute pour chaque individu ($18^{m \cdot c}$,4 par personne et par heure). Même avec ce volume de ventilation, l'atmosphère est altérée par les émanations des vêtements de ce grand nombre d'individus serrés les uns contre les autres, qui appartiennent principalement aux classes les plus pauvres, et cet effet est principalement sensible quand le temps est humide. La continuité de la ventilation dissipe cependant promptement toute trace de mauvaise odeur, quand les malades sont sortis.

Les lieux d'aisances ne donnent aucune mauvaise odeur; ceux qui dépendent des salles sont, comme on l'a dit, placés à l'extérieur de la partie principale du bâtiment et sont, ainsi que les autres, ventilés séparément, au moyen d'un conduit d'extraction.

La température des salles en hiver est maintenue entre 60° F. et 62° F. (15^{0c},5 et 16^{0c},6); pendant le temps très-froid qui a régné en février et mars 1862, la température des salles s'est élevée en moyenne à 61° (16^{0c}), et n'a jamais été au-dessous de 57° (13^{0c},8), tandis que la température moyenne de jour et de nuit, pendant la même période, était de 34° F. ($+1^{0c}$,1).

La température des salles d'attente et des autres locaux du rez-de-chaussée peut varier selon la nature du service auquel elles sont destinées.

Il y a un foyer découvert dans chaque salle des divisions, et un petit fourneau fermé dans les salles de jour. Il n'existe de foyer au rez-de-chaussée que dans les cabinets particuliers des médecins, auxquels l'on n'envoie pas d'air chaud.

L'appareil de chauffage a une surface de chauffe effective de 3400 pieds carrés ($316^{m \cdot q},2$) chauffée par circulation d'eau chaude. La distance que parcourt l'eau avant de retourner à la chaudière est de 200 pieds ($61^{m},0$).

Le volume d'air qui passe dans les salles de malades et dans les salles d'attente s'est élevé, d'après la moyenne de plusieurs observations, à 13400 pieds cubes par minute ($22512^{m \cdot c}$ en 1^{h}.).

La température extérieure étant à ce moment de 33^{0} F. ou ($0^{0c},55$), et celle de l'air chaud à son admission dans les salles, de 66^{0} ($18^{0c},9$), on a eu ainsi $\frac{13400^{p \cdot c} \times 33^{0}}{3400} = 130^{p \cdot c}$ d'air élevé de 1^{0} par minute pour chaque pied carré de surface de chauffe, ou $\frac{22512 \times 18^{0},35}{316^{m \cdot q}.2} = 130^{m \cdot c},6$ d'air élevé de 1^{0} centigrade par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

Le résultat ci-dessus n'exprime pas la totalité de l'effet de l'appareil de chauffage, attendu qu'une quantité considérable de chaleur est nécessairement absorbée par les parois des conduits et transmise par la maçonnerie. Si nous admettons qu'il y ait ainsi 20 pour 100 de chaleur perdue, la puissance calorifique de l'appareil serait exprimée par 156 pieds cubes d'air élevé de 1^{0} par pied carré de surface de tuyaux chauffés à une température moyenne de 110^{0} au-dessus de celle de l'air extérieur 1^{0} F. ($0^{c},55$) ou $156^{p \cdot c} \times 0,028 \times 0^{0c},55 = 3^{m \cdot c},40$ élevés de 1^{0c}, l'excès moyen de la température de la surface des tuyaux sur la température extérieure étant de $43^{0c},33$.

Les parties du bâtiment chauffées par l'appareil ont une

étendue de surface refroidissante en murs extérieurs, de 26 000$^{p.q}$ = 2418$^{m.q}$ et environ 35 000$^{p.q}$ = 325$^{m.q}$,5 de surface de verre. L'épaisseur des murs est de 2^{p} = 0^{m},61. Ils sont en briques et enduits de ciment de Parian.

La température moyenne à laquelle l'air entre dans les salles est de 66^{0} (18^{0}8), et celle des conduits d'extraction de 58^{0} (14^{0},4). D'où il paraît résulter que l'étendue précédente totale de la surface refroidissante produit sur 13 400$^{p.c}$ d'air par minute un abaissement de température de 8^{0} F. (ou celui de 375$^{m.c}$ de 4^{0},44, ou 1665$^{m.c}$, 59 de 1^{0c}), et l'excès moyen de la température intérieure sur la température extérieure pour la période qui correspond à ces observations étant de 28^{0}(10^{0},5); nous avons ainsi 3828$^{p.c}$ d'air refroidis d'autant de degrés qu'en exprime l'excès de la température intérieure sur celle de l'air extérieur (3828 $\times$ 0$^{m.c}$,028 $\times$ 0^{0},55) = 58$^{m.c}$,98 refroidis de 1^{0} centigrade par degré de différence entre la température intérieure et la température extérieure.

Il y a lieu de remarquer que dans un système de chauffage constant comme celui de l'hôpital de Guy, le pouvoir absorbant des parois du bâtiment et des conduits a une influence considérable sur le maintien d'une température uniforme.

Les observations sur la température de l'air admis dans les salles ne signalent, en effet, qu'une diminution de 8^{0} (4^{0},44) dans la température de l'air pendant une interruption de chauffage de 36 heures. L'excès de la température de l'air à son entrée dans les salles étant encore de 25^{0} (14^{0} F.) sur la température extérieure, cette chaleur ne peut être empruntée qu'aux murs en briques qui entourent les conduits des tuyaux et aux surfaces des canaux à travers lesquels cet air circule. La quantité de chaleur ainsi restituée par les murs est si constante qu'elle a engagé à ne pas entretenir le feu, depuis le samedi soir jusqu'au lundi matin, en abandonnant l'échauffement de l'air nouveau à la seule action de la chaleur qu'il peut emprunter aux murs dans son passage à travers les conduits.

Extrait du rapport de M. Égan Rosser, ingénieur, à MM. les présidents directeurs de Guy's hospital, Lond., 17 *mars* 1858.— « L'attention publique ayant été récemment appelée sur les conditions de salubrité des hôpitaux, il m'a paru désirable de réunir quelques séries d'observations pour établir l'efficacité du système de chauffage et de ventilation introduit dans les nouveaux bâtiments de votre hôpital.

« En vue de cet examen, j'ai obtenu des rapports journaliers pendant les quatre semaines comprises entre le 16 février et le 16 mars, et contenant un relevé journalier de la consommation de combustible, des quantités d'air chauffé et des résultats de la ventilation, ainsi que les températures extérieures et celles des salles pendant le jour et la nuit.

« En faisant ces observations, j'ai eu soin d'éviter tout ce qui aurait pu donner un caractère exceptionnel aux résultats, en me conformant exactement aux instructions données à l'ingénieur, par M. le docteur Steels, en ce qui concerne la conduite des appareils de chauffage et de ventilation ; à l'exception de deux ou trois circonstances où M. le docteur Steels a eu l'obligeance d'autoriser la modification de la marche ordinaire, afin de me procurer la facilité d'obtenir des données plus exactes.

« Pour causer le moins de dérangement possible aux infirmiers et aux malades, je fus conduit à borner mes observations sur les points que j'avais à examiner dans les salles mêmes, à une division, celle qui est désignée sous le nom de Philip's. Mais je pense que l'état des choses dans cette division peut être regardé comme un terme moyen exact de ce qui a lieu dans les autres, et que les calculs basés sur les données qui y ont été recueillies sont également applicables au reste de l'hôpital.

« Sous un rapport, je regrette de le dire, mes observations sont incomplètes ; je désirais beaucoup déterminer l'efficacité de l'économie des foyers découverts comparativement avec celle de l'appareil de chauffage. Mais comme le temps était extraordinairement froid pendant la plus grande partie des

expériences, je ne voulus pas contrarier l'opinion des infirmiers, qui pensaient que, sans le secours des foyers découverts, les malades auraient lieu de faire entendre des plaintes fondées. En conséquence, pendant toute la durée des expériences, les foyers découverts furent maintenus en activité en même temps que l'appareil de chauffage. Des observations collatérales m'ont cependant conduit à penser que, si la comparaison pouvait être complétement établie, tout le mérite des foyers découverts au point de vue du chauffage se réduirait à leur aspect agréable.

« Les tableaux joints à ce mémoire indiquent, à diverses reprises, la consommation de combustible, la température extérieure et intérieure et le volume d'air de ventilation.

« Le relevé de la consommation de combustible donne seulement la quantité consommée dans le fourneau des chaudières de l'appareil de chauffage, et ne comprend pas celle des chaudières à vapeur et de l'appareil à eau chaude; ce dernier, qui est un des agents essentiels de la ventilation, a pour premier objet de chauffer l'eau des bains et consomme régulièrement par semaine une tonne de charbon.

« Pendant le mois de février, le feu de l'appareil de chauffage fut cessé et l'introduction de l'air frais interrompue durant la nuit.

« Depuis le 1er mars le feu fut allumé le soir, de manière à le tenir en activité toute la nuit, et l'air nouveau fut admis dans les salles; c'est ce qui explique l'accroissement de consommation de combustible pendant cette période.

« La dépense totale du charbon pour l'appareil de chauffage pendant les quatre semaines a été de 11 tonnes et 15 quintaux (11 932 kilog.).

« La température moyenne des quatre salles de la division, pendant l'année, a été de 61° F. (16°c,2), celle de l'air extérieur pendant la même période étant de 34° F. ou + 1°c,1, ce qui correspond à un excès de 15°c,1 de la température intérieure sur la température extérieure.

« En portant les yeux sur le relevé des températures, l'on ne peut manquer de remarquer la singulière égalité des températures de jour et de nuit dans les salles, même par des variations considérables du thermomètre extérieur.

« Dans une seule circonstance, la température des salles a dépassé 66° F. (19°c), et elle n'est jamais tombée au-dessous de 57° F. (14°c). Ce minimum n'a été atteint que dans deux cas, alors que l'air extérieur était à 27° F. (—2°c,8) et à 29° F. (—1°c,2). Je n'ai jamais observé, dans aucun bâtiment, une semblable constance, et quoique ce résultat puisse être en partie attribué à l'emploi de l'eau chaude comme moyen d'échauffer l'air, il est cependant dû en grande partie aussi à la disposition des conduits d'air chaud placés à l'intérieur des murs qui séparent les salles; ce qui transforme la masse totale du mur en une sorte de grand poêle russe, qui peut continuer à communiquer de la chaleur à l'air pendant plusieurs heures encore après que les tuyaux d'eau chaude se sont refroidis.

« L'on voit aussi dans cette constance de la température de nuit un motif de n'attribuer qu'une très-légère influence calorifique aux foyers découverts; car bien que les feux fussent éteints la nuit, il ne s'ensuivait aucune réduction de la température des salles, et, d'une autre part, le thermomètre n'accusait aucune élévation de cette température par suite de leur allumage du matin.

« L'effet de la chaleur absorbée par les conduits est en outre mis en évidence par la marche de la température du dimanche 28 février au lundi 1er mars. L'appareil de chauffage avait cessé d'être alimenté le samedi au soir, la température des salles étant de 62° F. (16°c,7), et celle de l'air extérieur de 28° F. (—2°c). Le dimanche matin, la température intérieure était tombée à 58°,5 F. (14°c,7), celle de l'air extérieur étant de 29° F. (—1°c,7). Le samedi 6 mars, le feu de l'appareil avait été suspendu à cinq heures, la température moyenne des salles étant de 63° F. (17°c,2). Le dimanche ma-

tin la température extérieure étant de 28° F. (— 2°c,2), celle des salles était de 60° F. (15°c,6), et le lundi la température intérieure était tombée à 58° F. (14°c,5), celle de l'air extérieur étant de 35° F. (+ 1°c,7).

« L'égalité de température dans les différentes parties du pavillon est digne de remarque. La différence entre celles des salles d'une même division surpasse rarement 1° F. (0°c,5), et ne s'est élevée qu'une fois à 3° F. (1°c,5) ; ce qui est certainement très-satisfaisant pour un bâtiment dont l'extrémité est à 180 pieds (55 mètres) du fourneau.

« Afin de mesurer l'effet de la ventilation, l'on a fréquemment déterminé, au moyen de l'anémomètre, le volume d'air nouveau introduit par les conduits. L'ouverture par laquelle l'air passe de la tour d'introduction de l'air nouveau dans les chambres à air froid, est munie d'une porte à coulisses, au moyen de laquelle l'aire de ce passage peut être augmentée ou diminuée à volonté. A chaque observation l'on notait la grandeur de cette ouverture. Pendant la première période à laquelle se rapportent les expériences, l'alimentation d'air frais était complétement interrompue pendant la nuit, le feu de l'appareil de chauffage étant également éteint.

« Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la suspension de la ventilation pendant la nuit rendait l'air impur dans les salles, et occasionna les plaintes des infirmières.

« Après le 1er mars, l'air frais fut introduit pendant la nuit, et la grandeur de l'ouverture est indiquée dans les tableaux.

« Le motif de la réduction de l'introduction de l'air pendant la nuit était que, le feu étant seulement remué et non en état de combustion active, la quantité d'air affluent était aussi diminuée proportionnellement au pouvoir calorique de l'appareil.

« Ce qui montre que, dans ce système, la ventilation de nuit n'a jamais été trop faible, c'est ce fait que le volume d'air frais admis n'a jamais été inférieur à 15 pieds cubes par minute (20m.c, par heure) et par malade, et qu'elle a été généralement double même pendant la nuit.

« La ventilation de jour s'est élevée en moyenne à 13 400 pieds cubes en une minute, ou 22 512 mètres cubes par heure, dont 3360 pieds cubes en une minute, ou 5628 mètres cubes par heure et par division, ce qui revient à 66 pieds cubes en une minute, ou $118^{mc},4$ par heure et par malade. La plus faible alimentation d'air a été de 37 pieds cubes en une minute, ou $66^{m.c},6$ par heure et par malade; elle ne s'est produite qu'une fois.

« Quant à la valeur économique du système de chauffage employé pour les bâtiments, nous avons, dans les données contenues aux tableaux ci-joints, un moyen de la résoudre.

« Prenons pour exemple la quantité d'air introduite par jour et par nuit pendant les 10, 11 et 12 mars, et qui fut de 42 365 800 pieds cubes *, ou 1 200 226 mètres cubes, élevés de la température moyenne de l'air extérieur à la température moyenne de l'air échauffé à son entrée dans les salles, c'est-à-dire de 96^{0} F. — 33^{0} F. = 33^{0} F., ou $18^{0c},4$.

« La consommation de charbon et de coke a été, pendant cette période, de 3584 livres, dont les 0,80 peuvent être supposés avoir été employés à échauffer cette quantité d'air, le reste, 0,20, ayant servi pour un appareil qui chauffait une autre partie du bâtiment.

« Le volume d'air échauffé par une livre de charbon serait ainsi de

$$\frac{42\,865\,200 \times 33^{0} \times 5}{2584 \times 4} = 493\,391 \text{ pieds cubes élevés de } 1^{0} \text{ F.},$$

ou un pied cube d'air, élevé de 1^{0} F. par $0^{l},000002$ de charbon, soit les 0,75 de la valeur calorifique absolue de charbon.

(Le résultat de l'auteur revient à

$$1\,200\,226^{mc} \times 1^{k},30 \times 18^{0},4 \times 0.237 = 6\,802\,881 \text{ calories}$$

utilisées pour une consommation de

$$0,8 \times 3,584^{l} \times 0,453 = 1299^{k} \text{ de charbon,}$$

* En faisant la somme des nombres indiqués dans le tableau par ces trois jours et ces trois nuits, et en la multipliant par 720', on trouve 50 065 920 pieds cubes d'air entré au lieu de 42 365 800 pieds cubes.

ou à $$\frac{6\,802\,880}{1299} = 5\,237 \text{ calories}$$

utilisées par kilogramme de charbon brûlé, soit 0,73 de sa chaleur totale développée.)

« Ce résultat économique, comparativement à ceux qu'on obtient des divers modes de chauffage, ne reproduit pas tout l'effet de cet appareil, parce que l'on ne peut douter qu'une certaine portion de la chaleur n'ait été enlevée à l'air pendant son passage par les conduits qu'il a parcourus, s'élevant depuis les fondations et le sol.

« Les foyers découverts des salles et les cabinets de lecture pour le jour ont consommé, pendant ces quatre semaines, 17 tonnes et 6 quintaux de charbon, ce qui excède de 5 ton. 14 q. la consommation de l'appareil de chauffage.

« Des résultats précédents l'on peut conclure avec sûreté :

« 1° Que le système de chauffage établi à l'hôpital de Guy est réellement efficace ;

« 2° Que le volume d'air de ventilation fourni est supérieur à celui qui a été obtenu dans tout autre édifice sur lequel des résultats aient été publiés;

« 3° Que l'économie de combustible est plus grande que dans tout autre bâtiment chauffé à l'eau chaude.

« Les exemples de la prison Mazas de France, dont les résultats ont été donnés par M. Péclet, dans ses nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation, approchent à peine d'un effet égal aux 4/7 et 5/7 de la valeur absolue du combustible.

« Il y a deux points sur lesquels, en concluant, je voudrais particulièrement insister :

« 1° La proportion comparativement très-grande de la quantité totale de combustible fournie au nouveau bâtiment, et qui est dépensée par les foyers découverts sans aucun avantage sous le rapport de la température ou de la ventilation*;

1. L'auteur n'attribue pas, à beaucoup près, une efficacité suffisante à l'action des cheminées comme moyen de ventilation.

« 2° La grande importance qu'il y a à maintenir dans toutes les circonstances une ventilation constante, quelque basse que puisse être la température extérieure, afin de conserver une température agréable en même temps qu'un renouvellement efficace de l'air, ce qui exige que la nuit les feux de l'appareil de chauffage ne soient jamais éteints pendant l'hiver. »

Le tableau suivant contient les résultats des expériences de l'auteur sur les volumes d'air nouveau fourni par la cheminée d'introduction, soit pendant le jour, soit pendant la nuit.

HOPITAL DE GUY, A LONDRES.

Tableau des volumes d'air et des vitesses de l'air, à l'entrée et à la sortie, du 22 *février au* 18 *mars* 1858.

PAVILLON PHILIPP.

DATES.	VOLUME D'AIR FRAIS entrant DANS LE CONDUIT DE LA TOUR. VENTILATION		VITESSE	
	de nuit.	de jour.	d'entrée de l'air dans les salles.	de sortie de l'air des salles.
	m. c. en 1 heure.	m. c. en 1 heure.	mètres en 1"	mètres en 1"
Février 22	17,734	»	1,26	1,47
— 23	17,840	»	1,14	1,15
— 24	20,728	»	1,42	1,43
— 25	11,831	»	1,03	1,08
— 26	17,905	»	1,42	1,38
— 27	17,338	»	1,45	0,96
Mars 1	24,989	»	1,66	1,36
— 2	24,983	8,228	1,70	1,45
— 3	25,672	8,558	1,37	1,04
— 4	34,927	8,721	1,42	1,32
— 5	33,519	13,408	1,47	1,22
— 6	31,446	15,733	1,63	1,41
— 8	27,874	11,150	1,22	1,48
— 9	33,550	11,193	1,39	1,24
— 10	23,410	11,688	1,32	1,22
— 11	21,495	5,349	1,26	1,25
— 12	22,897	15,422	1,22	1,38
— 13	14,915	9,942	1,24	1,28
Moyenne..	23,441	10,849	1,37	1,28

NOTA. — Ce tableau présente ce résultat remarquable que la vitesse d'introduction de l'air nouveau a été au moins égale et même un peu supérieure à la vitesse d'extraction de l'air. Ce qui prouve qu'avec de bonnes proportions l'on peut faire affluer par les orifices ménagés pour l'introduction, autant d'air qu'on en appelle par les orifices d'extraction.

21. *Observations sur les dispositions adoptées dans l'hôpital de Guy, et sur les résultats des expériences de M. E. Rosser.* — La description et les résultats d'observations que nous venons d'emprunter presque textuellement à une notice de M. E. Rosser, montrent que le système de chauffage et de ventilation de l'hôpital de Guy est basé sur l'emploi de l'eau chaude circulant dans des tuyaux placés au-dessous du sol dans de vastes chambres à air, et sur l'appel que produisent les excès de température de l'air dans les salles, dans les conduits de fumée, et dans la cheminée générale d'évacuation, sur la température de l'air extérieur.

Les résultats des observations indiquent que, dans la saison d'hiver et par des températures voisines de zéro, l'on parvient à maintenir dans les salles de malades une température à peu près constante de 15 à 16°, et que l'on y obtient une introduction d'air et une évacuation d'air vicié très-voisines de l'égalité, et qui s'élève en moyenne à $108^{m.c},96$ par heure et par lit.

Si l'usage des foyers découverts, fort apprécié en Angleterre et très-agréable partout, ne produit pas pour l'échauffement des salles un effet bien considérable, ainsi que cela paraît résulter, non-seulement des observations de l'auteur, mais encore de certaines expériences directes que je ferai connaître à part, il n'en est pas de même du concours très-efficace que ces foyers apportent à l'évacuation de l'air vicié et subsidiairement à l'introduction de l'air nouveau. L'on sait, en effet, et des expériences que je rapporterai au chapitre v montrent que le volume d'air qu'une cheminée ordinaire peut appeler et évacuer par kilogramme de houille brûlé est considérable, et peut s'élever à 200 ou 300 mètres cubes au moins. Or, d'après l'auteur, la consommation de charbon faite par les foyers des salles et du salon de jour ayant été pendant les quatre semaines ou 28 jours d'observations de $17^{ton},9$ ou 18286 kilogr., ce qui revient à $\frac{18\ 286}{28 \times 24} = 27^{kil},2$ par heure; l'on voit que

l'appel que les foyers auraient pu produire, s'ils avaient été aussi favorablement disposés que la cheminée sur laquelle j'ai fait mes observations, se serait élevé à $27^{kil},2 \times 200^{m.c} = 5440^{mc}$, c'est-à-dire au quart environ du volume total d'air évacué ou admis.

Le développement des conduits de fumée, très-considérable par rapport au nombre des foyers directs, doit réduire de beaucoup l'énergie de leur appel ; mais, d'une autre part, la chaleur qu'ils peuvent communiquer aux parois du tuyau général de fumée et celle que versent en outre dans la cheminée générale d'évacuation les fourneaux de la chaudière principale sont aussi des auxiliaires de la ventilation.

Il résulte de ces observations, que tout l'effet mécanique de l'appel d'air produit ne doit pas être attribué à l'appareil de circulation d'eau chaude, et qu'une partie est due aux autres causes dont nous venons de parler.

Quoi qu'il en soit de ces observations, l'ensemble des dispositions adoptées pour cet hôpital produit dans la saison d'hiver un chauffage et une ventilation très-satisfaisants.

Les expériences sur la ventilation d'été dans cet hôpital sont moins nombreuses et ont présenté des difficultés particulières, par suite de l'habitude et du goût très-prononcé des Anglais pour l'ouverture des fenêtres. Cependant M. E. Rosser a pu en exécuter quelques-unes dont il a eu l'obligeance de me communiquer les résultats.

Le 24 juillet 1860, le volume d'air entrant dans le bâtiment par les cheminées d'appel de l'air nouveau a été trouvé de $12\,300^{p.c}$ en 1′ ou $20\,885^{m.c},4$ par heure, soit, pour 150 lits, $132^{m.c},57$ par heure et par lit.

Une partie des fenêtres étaient ouvertes, et il n'a pas été possible de mesurer les volumes d'air nouveau qu'elles laissaient entrer.

L'on a déterminé séparément les volumes d'air ou des gaz brûlés qui passaient en 1′ :

1° Le volume d'air vicié dans le grand conduit horizontal, à la température de 70^{of} ou $21^{oc},11$, et à la vitesse de $2^{m},75$ en $1''$ a été de....... $18\ 900^{p\ q}$

2° Le volume de gaz brûlés dans le tuyau horizontal de fumée, à 79^{of} ou $26^{oc},11$, et à la vitesse de $2^{m},28$ en $1''$ a été de............... 5 700

3° Le volume d'air vicié montant dans la grande cheminée de ventilation par le conduit annulaire qui entoure le tuyau principal de fumée (fig. 2), à la température de 68^{of} ou $20^{oc},5$, et à la vitesse de $0^{m},90$ en $1''$ a été de......... 9 660

4° Le volume de gaz brûlés entrant dans la grande cheminée de ventilation par le tuyau principal de fumée (fig. 2), à la température de 126^{of} ou $52^{oc},22$, et à la vitesse de $2^{m},13$ en $1''$ a été de 7,140

Le volume total du mélange d'air vicié et de fumée a été trouvé égal, en $1'$, à............ $41\ 400^{p \cdot q}$

Une observation directe, faite au sommet de la grande cheminée, a donné pour le même mélange $41\ 800^{p \cdot q}$ en $1'$, à la température de 74^{of} ou $23^{oc},33$ à la vitesse moyenne de $1^{m},37$ en $1''$.

Ces deux résultats se vérifient donc à peu près l'un par l'autre, et montrent que dans tous les conduits l'on a obtenu une vitesse supérieure à 2 mètres, et en moyenne de $2^{m},50$, tandis que dans la cheminée d'évacuation générale elle n'a été que de $1^{m},37$; mais il faut remarquer que cette dernière est destinée à faire le service de l'autre aile, et que, par conséquent, la vitesse moyenne y deviendra égale à $2^{m},74$ environ, ce qui prouve que l'ensemble de ces conduits a été bien proportionné, et que, même avec des températures aussi modérées, et dans des circulations compliquées, l'on peut obtenir des vitesses de plus de 2 mètres.

Le volume d'air évacué des salles par le grand conduit horizontal d'air vicié était en 1′ de 18 900$^{p.q}$ ou de 32 092$^{m.c}$ en 1 heure, soit pour 150 lits 213$^{m.c}$,96 par heure et par lit, tandis que le volume d'air neuf admis n'a été trouvé que de 132$^{m.c}$,57. Cela indique que l'ouverture des fenêtres déterminait l'entrée de plus de 81 mètres cubes d'air par heure et par lit, et augmentait de près de 0,61 le volume d'air qui traversait les salles.

Ce résultat, conforme dans son ensemble à ceux que j'ai déduits des expériences faites par MM. Trélat et Péligot à Lariboisière, est une nouvelle preuve que dans le système de l'aspiration, l'ouverture des fenêtres est favorable à l'évacuation de l'air vicié, ce qui est l'inverse de ce qui se passe dans le système de l'insufflation.

La construction et l'emploi des deux tourelles qui servent à puiser à une certaine hauteur dans l'atmosphère de l'air un peu plus pur, et peut-être moins chargé de fumée qu'à la surface du sol de Londres, offre un exemple remarquable de la facilité avec laquelle on peut, par voie d'appel, faire descendre l'air pris à une certaine hauteur dans l'atmosphère, par des conduits qui le mènent à des galeries de chauffage ou à des canaux d'introduction dans les locaux où s'exerce l'appel.

En résumé, les dispositions d'ensemble et de détail adoptées par M. E. Rosser pour le chauffage et la ventilation de l'hôpital du Guy à Londres nous paraissent fort bien conçues et conformes aux principes qui doivent régler les ingénieurs dans de pareils travaux.

22. *Observation sur la direction du service dans cet hôpital.* — Les détails et les résultats d'expériences que nous venons de faire connaître sur la disposition des appareils de chauffage et de ventilation de l'hôpital de Guy sont, comme je l'ai dit, extraits de deux notices et d'un rapport adressé par M. E. Rosser, ingénieur, au président de la société qui a fondé et qui entretient cet hôpital. Ils sont donc officiels, et

leur exactitude n'a pas été contestée. Mais à l'hôpital de Guy, comme ailleurs, les opinions sont fort partagées sur les avantages que peut procurer la ventilation, et il y a encore, en Angleterre de même qu'en France, des médecins qui contestent ces avantages.

Le docteur qui a la direction de cet hôpital est de ce nombre, et, comme il est le chef de tous les services, il en résulte que, par des motifs d'économie, il fait interrompre la marche des appareils pendant la saison d'hiver, quand le temps est doux et qu'il en est fréquemment de même pendant l'été.

En signalant les entraves et les interruptions apportées à la marche des appareils de ventilation de l'hôpital de Guy, j'ai eu pour but de montrer un des trop nombreux exemples où le service d'appareils, qui peuvent fonctionner d'une manière satisfaisante, se trouve entravé et arrêté par la négligence ou par la mauvaise volonté des chefs des établissements. Le seul moyen d'empêcher que les sacrifices considérables faits par les administrations soient ainsi perdus, sans fruit pour le public, est celui que j'ai indiqué à plusieurs reprises et qui consiste à charger du service du chauffage et de la ventilation des agents spéciaux, responsables de leur bonne marche et soumis à un contrôle indépendant des chefs des établissements.

23. *Rentrées de fumée observées.* — D'une autre part, l'emploi simultané du chauffage par des cheminées ouvertes et des appareils de ventilation par appel, a occasionné, dans certains cas, des retours de fumée dans les salles, et l'on a fait à ce sujet les remarques suivantes :

En ce qui concerne les cheminées qui sont établies dans le mur de refend longitudinal, et qui se trouvent par conséquent directement sous le grand conduit horizontal supérieur de fumée, l'on pense que le défaut de tirage provient seulement de malfaçons dans les conduits qui sont, assure-t-on, difficiles à nettoyer, ce qui est du reste à peu près inévitable

dans de semblables dispositifs. Mais les cheminées qui sont pratiquées dans les murs de face ont donné lieu à une autre remarque.

Quand un vent violent souffle perpendiculairement à l'un de ces murs, la fumée qui monte par les cheminées pratiquées dans ce mur, après avoir passé par le conduit supérieur horizontal et avoir débouché perpendiculairement dans le tuyau central collecteur, redescend par le tuyau de cheminée de la face opposée, et pénètre ainsi dans les salles.

Cet effet de retour ne se produit, il est vrai, que par les cheminées où le feu n'est pas allumé, et l'on assure même que si les régistres, dont elles sont toutes pourvues, étaient régulièrement fermés, comme il convient, ces rentrées de fumée n'auraient pas lieu; cependant, malgré cette explication, comme cet effet est principalement produit par l'aspiration des conduits d'évacuation, il me semble résulter de ces observations que l'usage des cheminées à feu découvert ainsi multipliées peut difficilement se combiner, en toute saison avec un appel actif exercé en divers points des salles.

Enquête sur l'état sanitaire des casernes et des hôpitaux militaires de la Grande-Bretagne.

24. *But et occasion de cette enquête.* — En 1857, un rapport, fait par une commission royale sur l'état sanitaire de l'armée anglaise, avait signalé l'excès de mortalité qui frappait cette armée, comparativement à celle des hommes de même âge dans les positions civiles. Les décès annuels dans les troupes de toutes armes en service dans l'intérieur du Royaume-Uni s'élevaient à 17,5 sur 1 000 hommes*, tandis que pour la po-

---

1. Il n'est pas sans intérêt de faire connaître qu'en France, et en temps de paix la mortalité dans l'armée est de beaucoup inférieure à celle de l'armée anglaise, quoique celle-ci, moins nombreuse par rapport à la population, soit recrutée par voie d'enrôlement volontaire, ce qui rend beaucoup plus difficile l'admission dans ses rangs.

Le relevé suivant qui m'a été communiqué par le ministère de la guerre,

pulation mâle du même âge elle n'est que de 9,2 pour mille sur toute l'Angleterre. Une statistique des décès qui élevaient aussi haut le chiffre de la mortalité, démontrait que ces excès étaient dus presqu'entièrement à des affections, telles que la fièvre, le choléra, la dissenterie, les maladies de poitrine, la consomption, etc. Les sept neuvièmes de la mortalité totale dans l'infanterie de la ligne étaient dus à ces deux dernières classes de maladies, et dans chacune d'elles la mortalité de l'infanterie était plus que double de celle des hommes du même âge de la vie civile.

En présence de ces faits, la commission royale procéda à une enquête générale des conditions de la vie et du service du soldat qui pouvaient compromettre si gravement sa santé,

---

contient le nombre des décès qui ont eu lieu dans l'armée pendant les onze années écoulées de 1850 à 1860 inclusivement.

L'on y remarquera l'influence considérable des années de guerre par suite de la rentrée en France d'un grand nombre d'hommes évacués des hôpitaux des armées. Mais si on laisse de côté, comme anomales, les mortalités des années 1854-55-56 et de l'année 1859, influencées par cette cause évidente, l'on trouve pour mortalité moyenne dans l'armée le chiffre de 11,9 par mille hommes, au lieu de celle de 17,5 par mille hommes dans l'armée anglaise.

PROPORTION DU NOMBRE DES DÉCÈS RELATIVEMENT A L'EFFECTIF DE L'ARMÉE STATIONNÉE DANS L'INTÉRIEUR DE LA FRANCE.

ANNÉES.	EFFECTIF.	NOMBRE DE DÉCÈS DANS LES HOPITAUX				TOTAL.	PROPORTION pour 1000 h. à l'effectif.	OBSERVATIONS.
		militaires.	civils.	en entreprise.	maritimes.			
1850	299,666	1,645	1,817	16	36	3,514	11,7	1. Guerre d'Orient
1851	306,056	1 850	1,871	21	16	3,758	12,2	et choléra.
1852	280,052	1,690	1,859	11	40	3,600	12,8	2. Guerre d'Orient.
1853	252,162	1,788	1,621	7	48	3,464	13,7	3. Guerre d'Orient
1854	334,147	4,693	5,304	20	113	10,130	30,3 [1]	(suite de la).
1855	325,870	7,040	5,597	53	158	12,848	39,4 [2]	4. Guerre d'Italie.
1856	370,815	3,126	3,540	11	65	6,742	18,1 [3]	
1857	295,116	1.823	1,750	10	36	3,619	12,2	
1858	281,441	1,360	1,450	3	33	2,846	10,1	
1859	289,303	2.868	3,393	15	134	6,310	21,8 [4]	
1860	371,890	2,183	1,663	58	79	3,983	10,7	
	3,406,518	30,066	29,765	225	758	418,06	11,90	En excluant les chiffres relatifs à 1854 55 et 1859.

et au nombre des causes assignées à cet excès de mortalité se trouvaient les défauts de salubrité des casernes et des hôpitaux, tels que l'encombrement, l'insuffisance de la ventilation, l'assainissement extérieur défectueux, l'imperfection des moyens de préparer les aliments, du nettoyage, etc., etc. Mais la nature de l'enquête, dans laquelle la commission se trouvait ainsi engagée, conduisant à un examen détaillé des deux classes d'établissements; elle demanda la formation d'une sous-commission, ayant pour objet spécial l'examen de l'état sanitaire des casernes et des hôpitaux, et la recherche des moyens de faire disparaître tous les défauts contraires à la santé.

Dès le mois d'octobre de la même année, le ministre de la guerre, lord Panmure, constitua cette commission, qui fut composée de MM. J. Sutherland, W. Burrell et Douglas Galton, et lui donna, pour l'accomplissement de sa mission, les intructions les plus larges, qu'il ne sera peut-être pas inutile de reproduire ici.

Instructions données à la commission nommée pour l'amélioration de l'état sanitaire des casernes et des hôpitaux, par lord Panmure, ministre de la guerre.

« 1° Vous procéderez immédiatement à l'examen et à la reconnaissance de l'état de salubrité de toutes les casernes et des hôpitaux militaires du royaume, sous les rapports de la situation, du voisinage, de la construction, du drainage, de l'alimentation d'eau, des lavoirs, des buanderies, des bains, des cuisines, des lieux d'aisance, des urinoirs, des moyens de ventilation, d'éclairage et de chauffage pendant le jour et la nuit, de l'arrangement et de la distance des lits, de la fourniture du couchage et des ustensiles, du cube de l'espace alloué par lit, de l'état d'entretien des bâtiments, de la propreté des salles, des chambres de casernes et autres bâtiments et de leur voisinage, ainsi que sous ceux de toutes les autres questions qui sont relatives aux bâtiments et qui pourraient être préjudiciables à la santé du soldat. Vous examinerez

aussi l'ensemble et le caractère des dispositions prises pour les malades des familles de soldats mariés.

« 2° Vous entrerez en conférence avec le chef du corps, avec le médecin principal, avec le commandant de quartier de chaque caserne ou hôpital que vous inspecterez, et avec l'inspecteur ou l'inspecteur adjoint des hôpitaux voisins du district, où la caserne ou l'hôpital seront situés, lequel a reçu l'ordre de vous donner toute l'assistance qui dépendra de lui.

« 3° Vous pourrez réclamer le concours de toute personne en rapport avec l'établissement en qualité de déposant ou pour vous aider dans l'accomplissement de votre mission.

« 4° Vous formulerez votre opinion sur toutes les causes de maladie ou de mortalité, dans toutes les casernes et dans tous les hôpitaux, qui seraient susceptibles d'être évitées. Vous établirez l'estimation des travaux et des mesures nécessaires pour faire disparaître les défauts dans le drainage, pour la suppression des dépôts d'immondices, pour établir un drainage perfectionné, pour améliorer les lieux d'aisance, les urinoirs, les lavoirs, les bains, les buanderies, pour ventiler efficacement toutes les chambres de caserne, les salles de service, celles de réunion de jour, pour chauffer et éclairer de jour ou de nuit et pour améliorer les cuisines dans toutes les casernes et dans tous les hôpitaux.

« 5° Vous recevrez plus tard des instructions pour régler l'installation des hommes dans toutes les casernes et dans tous les hôpitaux, autant qu'il sera possible, de manière qu'il ne soit pas alloué moins de 600 pieds cubes ($16^{m.c}$,8) d'espace par homme dans les casernes et corps de garde, avec 3 pieds cubes (0^{m},915) d'intervalle entre les lits dans les premières, et que dans les hôpitaux le volume d'espace affecté à chaque lit ne soit pas inférieur à 1200 pieds cubes ($33^{m.c}$,60) et qu'il y ait au moins 4 pieds (1^{m},220) entre les lits et 12 pieds cubes (3^{m},66) du pied d'un lit à un autre, quand cela sera praticable.

« 6° Vous ordonnerez que le nombre d'individus que chaque chambre de caserne, corps de garde ou salle d'infirmerie doit contenir, d'après ces proportions, soit peint sur la porte; et si quelque local n'est pas reconnu convenable pour les hommes, sains ou malades, ou si les conditions de ces locaux ne sont pas susceptibles d'être améliorées, vous en interdirez l'habitation ultérieure.

« 7° Si l'état des choses ne permet pas que ces instructions soient exécutées, vous améliorerez autant que possible les salles et les chambres, et vous rendrez compte au secrétaire d'État des modifications à introduire.

« 8° Si les bâtiments peuvent être, au moyen de quelques dispositions additionnelles, appropriés pour des soldats mariés ou pour les malades de leur famille à l'hôpital, vous ordonnerez que ces dispositions soient prises séparément, selon que vous le jugerez nécessaire. Si les bâtiments ne permettent pas ces arrangements, vous ferez connaître les mesures additionnelles à prendre pour cet objet.

« 9° Vous ordonnerez immédiatement le lavage à la chaux et telles mesures de propreté que vous jugerez nécessaires dans les bâtiments des casernes et des hôpitaux.

« 10° Vous êtes, en outre, autorisé à ordonner l'exécution immédiate des travaux qui vous paraîtront nécessaires pour la ventilation, le chauffage, l'éclairage, le drainage, le nettoyage, l'alimentation de bonne eau en quantité suffisante, pour ces hôpitaux et ces casernes, pourvu que la dépense de ces travaux ne dépasse pas la somme de 2 500 livres pour chaque hôpital ou caserne.

« 11° Si les inconvénients reconnus ne peuvent être corrigés sans l'exécution de travaux dont la dépense excèderait les crédits ainsi mis à votre disposition, vous en rendrez compte au secrétaire d'État, pour ces hôpitaux ou casernes, et vous ferez connaître les plans et les devis des travaux que vous jugerez nécessaires, mais qui ne pourraient être exécutés dans les limites de ces crédits.

« 12° Les ordres donnés pour l'exécution des travaux, dont

la dépense n'excèdera pas 2 500 livres pour chaque caserne ou hôpital, seront signés par le président et serviront d'autorisation à l'ingénieur du district pour l'exécution des travaux ainsi ordonnés.

« 13° Vous vous assurerez ultérieurement que les travaux ordonnés ou recommandés par vous ont été exécutés à votre entière satisfaction et vous en rendrez compte à ce département.

« Octobre 1857.

« *Signé :* PANMURE. »

Extraits du rapport de la commission chargée d'améliorer l'état sanitaire des casernes et des hôpitaux militaires. Avril 1860[1].

Dans ce rapport, fort remarquable, la Commission a examiné l'état et la disposition des casernes et des hopitaux actuels du Royaume-Uni, et quelque important que soit cet examen au point de vue des principes généraux, je crois devoir me borner à extraire de cette partie de son travail, quelques observations générales et les bases qu'elle en a déduites pour la construction et la disposition des bâtiments à créer.

Elle constate d'abord que les conditions auxquelles il faut satisfaire pour établir une caserne salubre, ont été à peine prises en considération jusqu'à ce jour en Angleterre, tandis que la facilité de la surveillance semble avoir été le seul objet des constructions.

Elle signale entre autres la caserne de cavalerie de Hyde-park occupée par les horse-guards, dont les bâtiments sont établis dans un espace extrêmement rétréci, et qui est construite pour recevoir 536 sous-officiers et soldats. La population de cette caserne, si elle était occupée au complet, équivaudrait à 4,26 hommes par mètre carré de la surface occupée par les bâtiments, non compris les femmes, les enfants et les chevaux.

---

1. Les commissaires étaient MM. J. Sutherland, Witle Burrel et Douglas Galton.

La caserne de Wellington est encore plus insuffisante puisque, d'après le rapport, sa population normale serait de plus de 12 individus par mètre carré de surface bâtie, ce qui est plus que le double de la densité de la population de la partie Est de Londres, l'un des quartiers les plus peuplés de l'Angleterre.

Après avoir cité quelques autres exemples remarquables de l'insuffisance de l'espace alloué au soldat anglais dans les casernes, et comparant l'espace réel au volume des $16^{m \cdot c},8$ admis pour base de la capacité à donner aux chambres de casernes par la Commission royale de santé de l'armée, les commissaires font voir qu'en moyenne, pour ramener toutes les casernes à cette proportion, il faudrait augmenter leur capacité de 32 pour 100.

Passant ensuite à la question de la ventilation, la Commission commence par constater les résultats suivants. (*)

1° Dans 83 casernes de la Grande-Bretagne contenant 3130 chambres et 42 521 hommes, dans un espace variant de $5^{m \cdot c},6$, à $11^{m \cdot c},2$, à $14^{m \cdot c},00$ par homme, et seulement pour quelques-uns de $16^{m \cdot c}$ 8, il n'a été pris aucune mesure pour la ventilation.

« Dans 78 casernes contenant 2237 chambres et 33 601 hommes, dans un espace de $7^{m \cdot c},47$ et au-dessus par homme,

---

1. En France, d'après une circulaire ministérielle en date du 30 juin 1856, les superficies et les capacités cubiques allouées par homme dans les casernes doivent être réglées ainsi qu'il suit :

En général, les logements de sous-officiers, des maîtres ouvriers et des soldats peuvent être établis, sous le rapport de l'étendue, d'après les bases suivantes :

	Superficie.	Capacité cubique.
Un adjudant ou un tambour-major.	12 à $15^{m \cdot q}$	$39^{m \cdot c},6$ à $49^{m \cdot c},5$
Vaguemestre ou moniteur général...	12	39 ,6
Maître ouvrier....................	25 à 30	82 ,5
Sergent-major et son fourrier......	16	26 ,40 par homme.
Sergent des compagnies (par homme)	6	19 ,8 par homme.
Fantassins (par homme)...........	3,75	12 ,00
Cavaliers (par homme)............	4	14 ,00
Cheval (selon que l'écurie est simple ou double)......................	7 à 8,4,	36 ,00 à 42

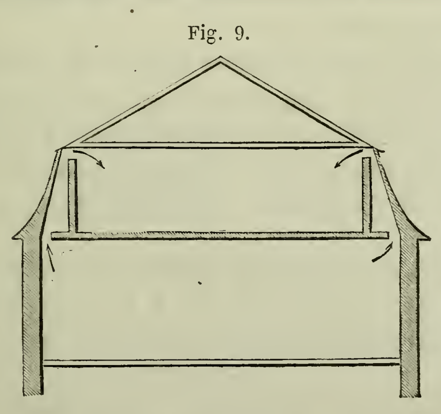
* Pages 38 et 39.

il a été établi des moyens de ventilation, qui présentent tous les genres d'imperfection et d'insuffisance. Les dispositions adoptées dans les chambres ainsi incomplétement ventilées sont les suivantes :

« Dans quelques chambres l'on a trouvé des ouvertures pratiquées dans les plafonds, communiquant par des conduits avec l'air extérieur; méthode de ventilation imparfaite, insuffisante et sujette à produire des courants descendants constants, par l'action des foyers, quand les portes et les fenêtres sont fermées.

« Dans les chambres supérieures des casernes d'infanterie et généralement dans celles de la cavalerie, des ouvertures ont été pratiquées à travers les plafonds au-dessous de la toiture. Outre la production des courants descendants, des ouvertures de ce genre communiquant avec un semblable réservoir d'air vicié et stagnant, commun à plusieurs chambres, peuvent par une action irrégulière des foyers, faire arriver l'air vicié de certaines chambres dans les autres.

Fig. 9.



« Une modification à la disposition précédente et qui a été trouvée à Northampton, mérite attention. Dans cette caserne (fig.7) les chambres étaient au-dessus des écuries et au-dessus des chambres était un étage surbaissé occupé en partie par les hommes. Les chambres au-dessous de cet étage, étaient ventilées au moyen d'une ouverture faite dans le pla-

fond et communiquant dans l'espace triangulaire formé par le pan du toit, par la cloison de l'étage supérieur et par le plafond de celui-ci. Dans ce même espace s'ouvrait un orifice de ventilation de l'étage supérieur, placé près de la tête du lit des hommes qui, pendant la nuit, respiraient ainsi l'air vicié des chambres inférieures, à moins que les foyers de celles-ci ne fussent allumés, auquel cas c'étaient les hommes des chambres inférieures qui respiraient l'air vicié de celles du haut. Il n'y a peut-être pas d'exemple plus frappant de l'abscence d'idées exactes sur la ventilation.

En général, les ouvertures pratiquées dans les plafonds sont garnies de ventelles à coulisses, qui, ainsi qu'on devait s'y attendre, sont toujours fermées, de sorte que ces casernes, quoique classées parmi celles qui sont insuffisamment ventilées, ne le sont en réalité pas du tout. »

Après un examen très-soigné des autres conditions accessoires de bien-être, auxquelles il conviendrait de satisfaire dans les casernes, la Commission arrive à celle qui nous occupe principalement.

Un aperçu général des divers systèmes de ventilation par propulsion à l'aide d'appareils mécaniques ou par aspiration au moyen d'appareils de chauffage, donnant à l'appel l'énergie nécessaire, conduit les commissaires à conclure que pour les casernes de l'Angleterre, tous ces systèmes ne sont pas applicables.

Parmi les motifs de cette exclusion, dont quelques-uns pourraient être contestés, il y en a deux qui, pour les casernes me paraissent péremptoires, l'un partout, l'autre en Angleterre.

Le premier est le plus général, c'est la nécessité qui découle de l'installation, de la conduite et de l'entretien de ces appareils quels qu'ils soient, et qui obligerait à attacher à chaque caserne un mécanicien ou au moins un chauffeur, qui serait inoccupé quand la caserne serait vide.

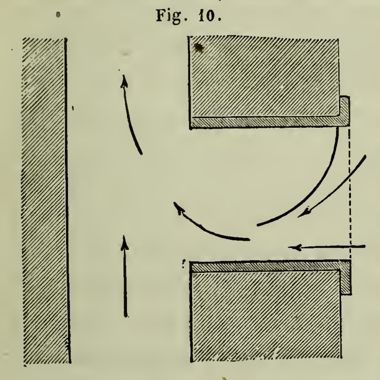
Le second motif plus particulier à l'Angleterre, c'est le goût très-prononcé dans toutes les classes de la population,

pour l'usage des foyers à feu nu, dont la suppression paraît à peu près impossible et qui, dans certains cas, pourrait contrarier les autres moyens de ventilation, moins cependant que les commissaires ne le pensent.

Laissant donc de côté cette partie de la question, passons à l'examen des divers procédés de ventilation applicables aux casernes que la Commission a étudiés, avec beaucoup de soin.

25. *Soupape des cheminées d'appel du docteur Arnolt.* — Cet appareil consiste en un châssis rectangulaire, allongé, en métal, inséré dans le conduit de cheminée de la chambre à ventiler, près du plafond. Son but est de profiter du courant ascendant, qui se produit dans la cheminée, pour entraîner par l'ouverture de ce châssis les couches supérieures de l'air de la chambre dans le conduit, tandis que, pour empêcher les courants descendants de fumée de rentrer dans la chambre, une soupape formée d'une étoffe légère de soie reposant, en dedans du passage, sur une plaque de métal percée de trous est placée dans l'ouverture du châssis. Cette soupape, comme toute autre, n'agit que dans certaines conditions. Si la hotte de la cheminée est très-large, la quantité d'air et de fumée qui arrive d'en bas, dans le conduit, sera plus grande que celle qui peut être débitée par la cheminée, dans sa partie la plus étroite, où l'appareil de ventilation est placé, et la fumée pénétrera dans la chambre par la valve. Par conséquent toutes les fois que l'on veut se servir de l'appareil du docteur Arnolt, il faut rétrécir la hotte de la cheminée, de manière à permettre aux courants de s'alimenter en partie par de l'air passant par la soupape*.

Fig. 10.



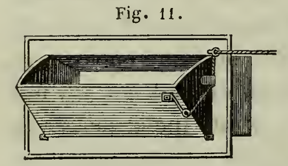
* Il convient, dans tous les cas, de rétrécir les hottes de cheminée dès

« Mais, comme le volume d'air que cet appareil peut faire arriver dans la cheminée est très-restreint, cette forme de ventilateur ne convient ni pour une chambre de caserne ni pour aucun local, où un certain nombre d'individus seraient réunis *. C'est cependant un ventilateur très-économique et très-simple pour les chambres des sous-officiers pour lesquels nous avons uniformément recommandé son adoption. Sa construction actuelle présente un léger inconvénient, auquel il est facile de porter remède. L'étoffe de soie peut faire du bruit en retombant sur la plaque métallique, et l'on corrigerait ce défaut en la remplaçant par une feuille mince de liége ou de matière analogue.

« L'on voit d'ailleurs que la soupape du docteur Arnolt n'est qu'un simple appareil d'évacuation. »

26. *Ventilateur de Sherringham.* — « Celui-ci consiste en une boîte de fonte insérée dans le mur, près du plafond, et établissant une communication directe avec l'air extérieur. Afin d'empêcher l'air d'entrer en courant incommode, l'on a placé à l'orifice une valve articulée à son côté inférieur et ouvrant vers le plafond. Il résulte de cette disposition que le courant affluent, nécessaire pour alimenter le tirage de la cheminée, est dirigé vers le plafond et dispersé à une distance plus ou moins grande dans la masse générale de l'air de la chambre.

Fig. 11.



« Ce dispositif, considéré comme orifice d'admission, est bon quant à son principe et à sa disposition, mais sa seule

---

leur origine, en les raccordant le plus possible par des surfaces à contours continus, dont la section transversale se rapproche de plus en plus de celle du tuyau de fumée. On évite ainsi les tourbillonnements de la fumée, la vitesse dans cette partie du tuyau devient alors plus grande et plus stable, et le tirage est plus régulier.

* Ce dispositif est fort analogue à celui qui a été essayé sans succès en France à l'hôpital du Gros-Caillou, et quoique dans ce dernier cas le courant entraînant ne fût pas mêlé de fumée, l'expérience a montré l'exactitude de l'objection précédente.

action ne serait pas suffisante pour des chambres où un certain nombre d'hommes seraient réunis.

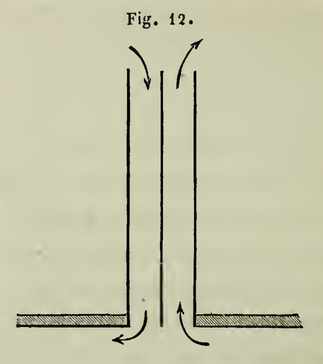
« Ces deux ventilateurs, du docteur Arnolt et de Sherringham, sont l'un un orifice d'extraction, l'autre un orifice d'introduction. Il y en a trois autres qui ont été essayés, ceux de Watson, de Mackinnell et de Muir, qui sont présentés comme ayant l'avantage de servir en même temps pour la sortie de l'air vicié et pour l'entrée de l'air pur. Il n'est pas douteux que tous les trois ne satisfassent à cette double condition ; mais pour que cela arrive, il faut certaines circonstances déterminées. Si les circonstances sont modifiées, chacun de ces trois appareils peut devenir uniquement un orifice de sortie ou un orifice d'entrée. La condition essentielle de leur fonctionnement est que la chambre, à laquelle ils sont adaptés, soit close, et dans ce cas leur mode d'action présente quelque chose de particulier. Si un certain nombre de personnes sont agglomérées dans une chambre à cheminée, les portes et les fenêtres étant fermées, et si un tuyau d'une section, en apparence suffisante pour produire la ventilation exigée par ce nombre d'individus, est établi depuis le plafond jusqu'au-dessus du toit du bâtiment, il se produira des tendances inégales au passage de l'air intérieur à l'air extérieur, ou *vice versa*. L'air extérieur, plus lourd, tendra à descendre, et l'air intérieur à monter en courants variables et irréguliers, et la pièce sera mal ventilée, si même elle l'est quelque peu.

« Mais il est assez remarquable qu'aussitôt que le tuyau est divisé dans toute sa longueur, du sommet à la base, par un diaphragme, si mince qu'il soit, l'action est complétement changée. Il s'établit un courant d'air descendant constamment dans la chambre d'un côté du diaphragme, et un courant ascendant d'air vicié de l'autre côté. La moitié du tuyau fournit ainsi de l'air pur, et l'autre moitié évacue l'air vicié, de sorte que, si les dimensions sont convenablement déterminées, la pièce peut être maintenue salubre. »

27. *Ventilateur de Watson.* — « Ce ventilateur est une ap-

plication du principe précédent dans sa forme la plus simple. Il consiste en un tuyau à section carrée, avec un diaphragme

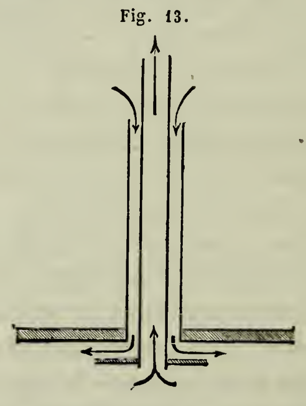
Fig. 12.



longitudinal du haut en bas, et ne présente aucune disposition pour opérer la diffusion du courant descendant. »

28. *Ventilateur de Mackinnell.* — « Ce dispositif est présenté comme un perfectionnement du précédent. Il est composé de deux tuyaux placés l'un dans l'autre et séparés par un certain intervalle. Le tube intérieur est le plus long et dépasse

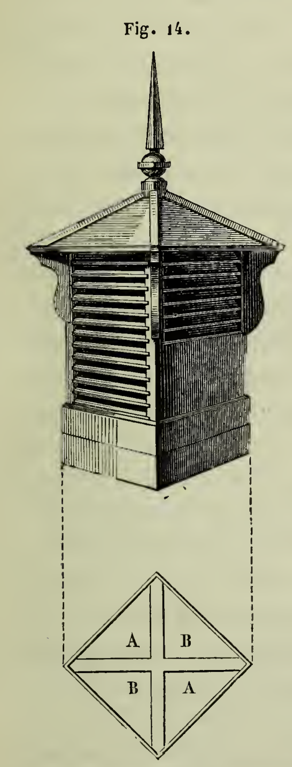
Fig. 13.



le tube extérieur en dessus et un peu au-dessous, au delà de son débouché à travers le plafond pour servir de support à un disque circulaire voisin de ce plafond, et qui masque l'entrée du tuyau extérieur. Ce dispositif agit ainsi qu'il suit : La longueur du tuyau intérieur détermine un cou-

rant ascendant qui s'y produit, et il devient le conduit d'échappement de l'air vicié. Le tuyau extérieur forme le conduit d'arrivée de l'air pur, et le courant descendant, en rencontrant le plateau circulaire, est dirigé dans le sens du plafond et se disperse. »

Fig. 14.



29. *Ventilateur de Muir.* — « Cet appareil, analogue à celui de Watson, consiste en un tuyau carré, divisé en quatre compartiments A, A, B, B, par des diaphragmes diagonaux. Ces diaphragmes sont prolongés au delà du sommet du conduit, qui est recouvert au-dessus du toit par des persiennes, au lieu de parois pleines. Le but de ce dispositif de diaphragmes et de persiennes est, non-seulement d'assurer en temps ordinaire des courants ascendants et descendants, mais encore d'utiliser l'action des mouvements de l'air extérieur, qui, en frappant à travers les persiennes, sous un angle quelconque, produira un courant d'air ascendant d'extraction du côté sous le vent.

« Nous venons d'indiquer le mode d'action de ces ventilateurs dans une pièce fermée; mais aussitôt qu'une porte ou une fenêtre est ouverte, ils deviennent simplement des conduits d'extraction et cessent de fournir de l'air pur. A l'inverse, s'il y a dans la cheminée de la chambre un feu très-actif, et si les portes et les fenêtres sont fermées, le foyer s'alimente d'air par les ventilateurs, et ils sont transformés en orifices d'introduction.

« Il est évident que ces dispositifs présentent de certains

avantages dans les cas où ils sont applicables. Dans des pièces isolées, telles que des églises, des chapelles, des écoles, des bibliothèques, chauffées par des calorifères et où les portes sont fermées pendant plusieurs heures de suite, chacun d'eux peut servir de ventilateur.

« De même dans les écuries d'une certaine construction, dans les salles de police, dans les corps de garde, ils peuvent être plus ou moins applicables, moins cependant dans ce dernier cas, à cause de l'existence du foyer découvert et de la fréquence de l'ouverture des portes. Mais dans les chambres de casernes ils ne seraient certainement pas applicables, par suite de la difficulté et de la dépense de leur établissement dans un grand nombre de pièces détachées à différents étages, et de l'existence des cheminées.

« M. Watson nous ayant demandé la permission de ventiler quelques chambres de casernes, nous avons autorisé l'introduction de son appareil dans l'un des bâtiments de la caserne de Wellington contenant douze chambres, et nous lui avons laissé établir son appareil, comme il l'a jugé convenable. Il a placé son ventilateur au haut de l'escalier, qui est au milieu du bâtiment, et a établi des persiennes dans les murs de refend, qui séparent l'escalier de chacune des douze chambres. Il espérait qu'un courant d'air descendrait dans l'escalier par l'une des divisions du tuyau, passerait de là par l'une des séries de persiennes dans chaque chambre, sortirait par l'autre série pour se rendre dans l'escalier et gagnerait l'autre division du tuyau pour l'échappement dans l'air. Mais, en examinant le mode d'action dans l'appareil, l'on a constaté que, par les deux divisions du ventilateur, il passait dans l'escalier un courant descendant qui pénétrait dans les chambres par les ouvertures garnies de persiennes, et de là aux cheminées, de sorte qu'il ne se formait aucun courant ascendant. Sans vouloir déprécier l'invention de M. Watson pour les cas où elle peut être appliquée, nous fûmes conduits à cette conclusion certaine qu'il ne convenait pas pour ces ensembles de chambres à cheminées auxquelles il avait été adapté.

« Nous avons autorisé M. Mackinnel à introduire un de ses ventilateurs dans un corps de garde détaché de la caserne de Wellington. Il fut placé au milieu du toit et du plafond, et paraît avoir répondu au but proposé.

« Nous avons recommandé d'essayer le ventilateur de M. Muir dans quelques corps de garde. Notre seul motif pour le choisir pour cette destination, c'est que son énergie s'accroît avec le vent.

« Nous avons aussi fait établir le ventilateur de M. Mackinnel dans un certain nombre de corps de garde.

« Ces trois ventilateurs peuvent être très-utiles pour aérer des lieux de réunion de troupe, des vaisseaux hôpitaux...; mais, ainsi que nous l'avons établi, nous ne les considérons pas comme convenables pour des chambres de casernes.

« Dans ce qui précède, nous nous sommes proposé d'établir clairement les avantages et les inconvénients des différents appareils de ventilation et des dispositions qui nous ont été présentés pour les chambres de casernes. Nous allons maintenant chercher à indiquer la méthode que nous avons adoptée comme la plus convenable pour satisfaire aux conditions du problème à résoudre pour toutes les casernes.

« Ce problème peut s'énoncer ainsi :

« *Dans un bâtiment composé d'un certain nombre de chambres, où l'on entre généralement par des corridors communs ou par des escaliers ou quelquefois directement de l'extérieur, et dont chacune a un foyer découvert, qu'il est essentiel de conserver dans tous les cas, comment doit-on, en toute saison et par toutes les températures, le jour comme la nuit, alimenter chaque chambre, séparément et indépendamment de toute autre, d'une quantité d'air suffisante pour la rendre salubre, et en même temps empêcher la température de tomber au-dessous du degré qui convient au bien-être des hommes? Résoudre la question en modifiant le moins possible la construction des chambres par des dispositions qui ne puissent pas être facilement dérangées et avec le moins de dépense possible.*

« L'énoncé de ce problème montre du reste les difficultés de la ventilation des casernes. Aucun des procédés, que nous avons vus en usage ne nous offrant une solution, nous avons dû considérer le problème à nouveau; nous avons cherché à le résoudre, et nous croyons y avoir réussi à un degré suffisant pour tous les cas de la pratique. »

30. *Volume d'air pur nécessaire par homme.* — « Nous avons commencé par chercher à déterminer approximativement le volume d'air nouveau nécessaire pour maintenir à l'état de salubrité une chambre où l'on couche. Des tentatives diverses ont été faites à différentes époques pour déterminer ce volume par des considérations scientifiques ; mais presque tous les expérimentateurs sont arrivés à des estimations différentes. Ces divergences d'opinion proviennent de ce que l'on n'a pas eu assez égard aux conditions variées auxquelles l'air pur doit satisfaire pour produire la ventilation des habitations des hommes, et de ce que l'on n'a pas considéré le côté pratique plutôt que le côté scientifique de la question.

« Quelques expérimentateurs ont basé leurs calculs sur la quantité d'air nécessaire pour dissoudre l'acide carbonique produit par la respiration dans une proportion inférieure à celles où ce gaz peut exister dans l'air extérieur. D'autres ont adopté le volume d'air nécessaire pour dissoudre la vapeur aqueuse qui s'exhale de la peau et des poumons, et pour la disperser, de manière à n'élever l'état hydrométrique de l'air qu'au même degré de salubrité que l'air extérieur.

« Les estimations sont par conséquent très-diverses, et diffèrent dans le rapport d'un à deux, à trois, à quatre, quant au volume d'air nécessaire pour la santé : cette diversité même montre combien la question est encore peu connue au point de vue scientifique.

« L'estimation pratique du volume d'air nouveau nécessaire pour ventiler une chambre a, dans notre opinion, bien plus de poids que celle que fournit la science. Nous trouvons, comme point de départ, que si la nature a disposé dans l'at-

mosphère des moyens illimités et constants de purification et de mouvement de l'air, la construction des bâtiments s'oppose à l'application de ces conditions naturelles en renfermant l'air dans des espaces clos, en les saturant d'impuretés et en le rendant stagnant. L'on peut hardiment affirmer que les édifices dans lesquels l'on s'est le plus rapproché des conditions naturelles de l'atmosphère sont aussi les plus salubres. La chimie nous a appris assez nettement qu'il faut au moins 200 pieds cubes ou $5^{m.c}$,6 par heure à un homme, rien que pour dissoudre l'acide carbonique et la vapeur d'eau qu'exhale son corps, dans la proportion qui existe dans l'atmosphère elle-même. Mais la chimie ne tient pas compte de ces poisons volatils émanés de la peau et des poumons, et qui, dans un air stagnant, sont parfaitement perceptibles aux sens, même après qu'ils ont été disséminés, comme on l'a prévu. En réalité, le but de la ventilation doit être d'assurer la dispersion et l'évacuation de ces exhalaisons insalubres, et lorsque ce résultat aura été obtenu, le gaz acide carbonique et les vapeurs aqueuses seront entraînés en même temps.

« Peu de personnes savent peut-être que le foyer ordinaire d'une chambre de caserne détermine l'évacuation d'un volume d'air bien plus considérable que celui qui est nécessaire pour dissoudre l'acide carbonique et la vapeur d'eau en maintenant la salubrité. Cette quantité varie naturellement, avec la section, la hauteur et la température du conduit de la cheminée, ainsi qu'avec la force et la direction du vent. Les valeurs extrêmes de ce volume peuvent être pratiquement fixées entre 6000 pieds ou 168 mètres cubes par heure, et dix fois ce volume ou 1680 mètres cubes[1]. Une chambre de douze hommes pourrait donc être ventilée par la seule

1. Des expériences, faites dans le cabinet de la direction du Conservatoire, et dont il sera parlé au chapitre v, m'ont en effet montré qu'avec un feu actif de bois, de houille ou de gaz, on peut faire évacuer facilement par cette cheminée, dont le conduit est assez étroit, 1000 à 1200 mètres d'air par heure.

action du foyer, à raison de 500 pieds cubes ou 14 mètres cubes d'air par homme et par heure, c'est-à-dire que le foyer de la cheminée assurerait à lui seul une ventilation plus que double de celle qui satisferait aux conditions de la chimie, et cependant il a été bien établi par des observations certaines que des chambres ainsi ventilées sont à la fois infectes et malsaines.

« Ce résultat est sans doute en partie attribuable à l'emplacement de la partie de la chambre d'où l'air vicié est extrait, car bien que l'acide carbonique, comme les autres gaz, se dissémine dans l'espace entier de la chambre, les émanations organiques dont nous avons parlé sont perçues par les sens bien plus fortement près du plafond des appartements, comme par exemple dans les galeries des églises, des théâtres non ventilés, etc., de sorte que, dans toute chambre qui n'est ventilée que par la cheminée, il y a une sorte de réservoir d'air vicié au-dessus de la distance d'activité de la ventilation.

« Le foyer d'une cheminée peut donc être un admirable auxiliaire de la ventilation ; mais, par lui-même, il n'est certainement pas suffisant pour résoudre le problème.

« Le sens de l'odorat fournissant la principale indication de la salubrité ou de l'insalubrité de l'atmosphère d'une chambre, et ses perceptions différant avec la sensibilité des organes chez les divers individus, il n'est peut-être pas possible d'arriver à fixer un étalon absolu de la ventilation ; mais, afin d'obtenir quelque estimation pratique de la quantité d'air nécessaire pour maintenir l'air d'une chambre de caserne suffisamment pur, et de fixer les dimensions des conduits d'évacuation et des orifices d'accès pour assurer le renouvellement de ce volume, nous avons fait établir des conduits d'évacuation de certaines sections déterminées dans les angles des plafonds de douze chambres de la caserne de Wellington, débouchant au-dessus des toits, disposés de façon que les ouvertures pouvaient être restreintes et que le volume d'air passant dans chaque conduit était mesuré par un anémomètre délicat construit par Neumann, de Paris, pour

cet objet spécial. Les mesures ont été prises à différentes époques, à différents mois, entre deux et cinq heures du matin. Les observations nécessaires de température en dehors et en dedans des chambres, le degré d'hygrométricité de l'air furent aussi déterminés, et l'état de salubrité de l'atmosphère des chambres fut observé en même temps. D'après ces observations, aussi bien que par d'autres que nous avons été à même de faire, nous pensons que l'estimation sur laquelle nous avions basé nos premiers perfectionnements de la ventilation est suffisamment voisine de la vérité au point de vue pratique. C'est que dans une chambre de caserne contenant 12 hommes, avec une capacité de 600 pieds cubes ou 16$^{m.c}$,8 par homme, la totalité de l'air de la chambre doit être renouvelé au moins deux fois par heure, ou, en d'autres termes, qu'à chaque homme il faut allouer, en nombres ronds, un volume d'air de ventilation de 1200 pieds cubes ou 33$^{m.c}$,60 par heure. Cette quantité n'est même pas suffisante pour débarrasser complétement une chambre de caserne de mauvaise odeur en tous temps et en toute saison; mais les difficultés de la solution entière d'un problème dont les conditions sont si variables nous ont décidé à admettre cette base pour la ventilation, attendu que, dans les dispositions que nous avons prises, il est toujours possible d'augmenter ce volume sans difficultés.

« Quelque temps après que nos projets eurent été mis en activité, nous avons appris avec plaisir, par un rapport fait au bureau général de la Santé, par MM. Fairbainn, Glaisher et Wheastone, qu'une base analogue de 15 à 20 pieds cubes par homme et par minute (ou 900 à 1200 pieds par heure) avait été adoptée par eux. Mais, en prenant cette base, nous maintenons en même temps, comme une condition indispensable, que, pour chaque homme, il doit y avoir un cube d'espace de 600 pieds cubes ou 16$^{m.c}$,80, comme l'a recommandé la Commission royale.

« Pour ventiler une chambre de caserne, il est non-seulement nécessaire de lui fournir le volume d'air voulu, mais de

l'y introduire en toute saison, pendant les chaleurs, pendant les froids et pendant cette période que l'on peut considérer comme d'une température modérée de jour et de nuit. Quand le temps est doux, le problème est assez facile à résoudre. Pendant les chaleurs, et particulièrement si le temps est en même temps humide, rien ne peut mieux rendre salubre une chambre où dorment plusieurs individus que l'ouverture modérée des fenêtres. C'est ce que font généralement les soldats pour leur propre agrément *; mais, pendant la saison froide, il est tout à fait nécessaire de prendre des dispositions pour échauffer l'air à admettre. »

51. « *Principes de la ventilation des chambres de casernes.*— Il nous reste à déterminer le principe sur lequel sera fondé le système de ventilation à adopter. Après un examen attentif des différents moyens qui ont été mis en usage, nous avons décidé que, sous le rapport de la ventilation, chaque chambre de caserne serait indépendante des autres, et que le mouvement de l'air serait basé sur l'action de la cheminée et sur la différence des températures intérieure et extérieure. D'après la loi de la dilatation des gaz, découverte par Dalton et par Gay-Lussac, l'air atmosphérique, en s'échauffant du point de congélation à celui de l'ébullition, augmente de volume de 0,375 ou environ $\frac{3}{8}$ de son volume primitif; ce qui produit une dilatation d'un peu plus de 0,002 par chaque degré de thermomètre de Fahrenheit ou 0,00375 par degré centigrade. Si l'air extérieur d'une chambre est à $20^{\circ \cdot f}$ ou à $11^{\circ \cdot c}$ au-dessus de l'air extérieur, l'air de cette chambre augmentera de $0{,}002 \times 20^{\circ} = 0{,}04$ ou $\frac{1}{25}$ de son volume et sera dans la même proportion plus léger que l'air extérieur. Celui-ci, plus froid, aura ainsi une tendance à pousser de bas en haut l'air dilaté et plus chaud de la chambre, pour lequel jusqu'ici nous n'avons pas supposé d'issue.

* Mais cet usage n'en est pas moins fort dangereux pour les hommes placés près des fenêtres, qui contractent souvent des douleurs rhumatismales.

32. « *Conduits d'évacuation.* — Nous avons utilisé cette loi en établissant dans chaque chambre un conduit de ventilation de dimensions données, ayant une section proportionnée à sa longueur et au nombre d'individus habitant la chambre. Mais comme ce dernier nombre doit être, dans notre opinion, déterminé par le volume cubique de cette chambre, nous proposons de régler la section du conduit d'après ce volume.

« La vitesse de l'air dans le conduit et par conséquent la puissance d'appel de celui-ci dépend 1° de la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur; 2° de la hauteur du conduit; 3° de la résistance du frottement dans ce conduit, et 4° de la facilité avec laquelle l'air qui doit alimenter le conduit entre dans la chambre.

« Dans les chambres supérieures d'une caserne, nous recommandons que la section transversale du conduit ait 1 pouce carré pour 50 pieds cubes de la chambre; pour l'étage au-dessous, la section sera de 1 pouce carré pour 55 pieds cubes de la chambre, et, quand il y aura trois étages, la section du conduit pour le plus bas sera de 1 pouce carré pour 60 pieds cubes de la chambre *.

« La vitesse de l'air dans ces conduits dépend évidemment de la différence de température entre l'air de la chambre et celle de l'air extérieur, du mouvement de l'air au dehors et d'autres circonstances. Quand ces températures sont à peu près égales, comme cela arrive, par exemple, quand les fenêtres sont ouvertes, le tirage est très-faible et n'est plus que le résultat des mouvements de l'air extérieur**; mais, quand les fenêtres sont ouvertes, la chambre est ventilée sans le

* Ces proportions correspondent, pour le premier étage, à $10^{pi.q}=63^{cent.q}$ par homme; pour le deuxième étage, à $10^{pi.q},9=68^{cent.q},67$, et, pour le troisième étage, à $12^{pi.q}=75^{cent.q},6$.

** Il peut même avoir lieu en sens contraire, ainsi que cela arrive souvent. Dans l'été, quand l'air est plus chaud au dehors qu'au dedans, il peut se faire une introduction d'air chaud, malgré la fermeture des fenêtres.

secours du conduit d'évacuation. Dans d'autres circonstances le courant est habituellement assez énergique. D'après un certain nombre d'expériences faites avec l'anémomètre de Neumann, nous avons trouvé que dans les chambres de la caserne de Wellington, ayant une capacité de 7920 pieds cubes ou $221^{m.c},76$, il passait par le conduit un volume d'air de 8000 à 9000 pieds cubes ou 224 à 252 mètres cubes par heure. Chaque conduit évacuait donc de la chambre environ 600 pieds cubes ou $16^{m.c},80$ par homme et par heure, si les chambres contenaient 13 hommes, ce qui est le maximum qu'elles doivent recevoir. Nous avons ainsi obtenu des orifices d'évacuation de l'air vicié capables d'extraire 600 pieds cubes ou $16^{m.c},80$ d'air par homme et par heure, et nous avons déjà vu que la cheminée en extrait la même quantité; par conséquent nous avons atteint le volume fixé de 1200 pieds cubes ou $33^{m.c},06$. Le volume d'air qui s'écoule varie d'ailleurs tellement, qu'il est nécessaire de disposer pour les orifices d'entrée des valves régulatrices qui ne soient pas à la disposition des hommes; mais ces valves doivent être faites de manière qu'il ne soit jamais possible de les fermer entièrement.

« Dans notre dispositif, les conduits d'air vicié partent d'un angle du plafond et s'élèvent à 3 ou 4 pieds, $0^{m},91$ ou $1^{m},22$ au-dessus du toit, et ils sont recouverts par des persiennes pour empêcher la pluie d'y tomber. Ces persiennes ont, selon les circonstances, exigé quelques ajustements, parce que le vent et la pluie peuvent en contrarier l'action. Les conduits ont été faits en planches de sapin de 3/4 de pouce ou $0^{m},019$ d'épaisseur, bien planées à l'intérieur et assemblées en languettes. Mais il serait préférable de les pratiquer dans le mur avec enduit poli de ciment. Ils doivent être munis de valves, pour permettre d'en réduire l'ouverture aux $\frac{2}{3}$ de la section fixée plus haut, suivant les ordres du médecin, pour proportionner la ventilation selon le temps et les saisons.

« Un tuyau d'évacuation et un conduit de cheminée ne sont cependant pas suffisants par eux-mêmes pour ventiler une chambre.

« Lorsqu'une chambre a deux cheminées, elles agissent l'une contre l'autre, et la cheminée qui a le feu le plus énergique s'alimentera en attirant la fumée de l'autre, à moins qu'elle ne puisse recevoir de l'air extérieur, qui diminue le tirage qu'elle exerce sur l'autre. Par la même raison, si une chambre close n'a pas d'autres moyens de ventilation qu'un conduit d'évacuation d'air vicié et un conduit de cheminée, le foyer s'alimentera certainement en attirant en bas l'air du conduit de ventilation, et il se produira des courants incommodes. Il est essentiel par conséquent de disposer des orifices d'entrée de l'air extérieur pour alimenter à la fois le foyer et le conduit d'évacuation.

33. « *Orifices d'admission de l'air pur.* — La question importante à résoudre qui se présente ensuite est donc celle de la nature, de la position et des dimensions des orifices d'admission de l'air.

« Dans certaines casernes ces orifices ont été placés au niveau du plancher. Ils ont été généralement fermés par les soldats; mais quand ils ne l'ont pas été, nous avons, par les motifs précédents, ordonné de les clore.

« Après avoir examiné avec soin la marche des courants produits par les orifices d'introduction placés près du plafond, comme ceux qu'on peut former, par exemple, en abaissant un peu le châssis supérieur d'une fenêtre, nous avons trouvé que l'air, ainsi admis, cesse promptement de former un courant particulier, et qu'à une très-petite distance de l'orifice, il est déjà mêlé à la masse générale de l'air et que sa vitesse est devenue imperceptible.

« Ce résultat est dû en partie à la masse de l'air qui remplit la chambre, avec laquelle le courant se mêle, et en partie à l'action de la gravité, quand l'air admis est plus froid que celui de la chambre, et enfin à l'action du feu *. Ces effets du

* La véritable raison, c'est que la force vive possédée par l'air, à son

mouvement de l'air affluent dans une chambre ont été très-bien mis en évidence par le docteur Reid et par d'autres personnes, et récemment par M. J. F. Campbell, secrétaire adjoint au bureau général de la Santé. Le résultat des recherches de ces divers observateurs, c'est que, dans une chambre pourvue d'un foyer, l'air se meut en circonvolutions, s'élève le long du mur où est placé le foyer, suit le plafond en se dirigeant vers le mur opposé, descend le long de ce mur vers le plancher, et suit ce plancher pour gagner le foyer. Un feu de cheminée tend ainsi à maintenir l'air d'une chambre à un état moyen de pureté et de température *. »

34. « *Position et construction des orifices d'introduction.* — Par des motifs pratiques parfaitement justifiés par les résultats de l'expérience, nous avons décidé que les orifices d'admission de l'air seraient placés près du plafond. La forme que nous avons adoptée est celle de boites en fonte ou de briques cloisonnées, présentant des sections différentes, selon le nombre d'hommes que la chambre doit contenir. Nous avons admis 1 pouce carré ou $6^{c.q}$,03 pour 60 pieds cubes ou $1^{m.c}$,68 de capacité de la chambre, comme superficie d'orifice d'admission pour chaque chambre; mais nous pensons que 1 pouce carré pour 120 pieds cubes ou $2^{m.c}$,36 de capacité de la chambre serait une proportion suffisante, si de l'air chaud était admis autour de l'appareil de chauffage **.

« Dans les chambres de casernes de dimensions ordinai-

---

entrée, est éteinte par les tourbillonnements qu'il détermine dans la masse d'air ambiante. Cependant ces courants sont quelquefois sensibles à une certaine distance.

* Des effets analogues se produisent avec tous les moyens de chauffage, d'introduction et d'évacuation d'air. Il s'agit d'en tenir compte de manière à ce qu'ils ne soient pas gênants.

** D'après la base admise de 600 pieds cubes ou $16^{m.c}$,8 d'espace par homme, cela revient à 63 centimètres carrés d'orifice d'admission par homme, et chacun d'eux devant recevoir $33^{m.c}$,60 par heure ou $0^{m.c}$,00933 par seconde, cela suppose une vitesse d'admission de $\frac{0,00933}{0,0063} = 1^{m},48$ en une seconde, ce qui est trop fort; l'on n'obtient pas facilement une semblable vitesse sans un appel énergique.

res, nous avons généralement recommandé l'usage de deux orifices d'admission placés sur les deux côtés opposés de la chambre, mais non l'un vis-à-vis de l'autre, ou tous les deux du même côté, dans les chambres séparées par un mur de refend longitudinal. Dans les chambres plus grandes nous avons augmenté le nombre des orifices d'accès de l'air.

Afin d'éviter autant que possible les courants d'air, ainsi que pour diminuer le nombre des points où le mur serait affaibli, nous avons enveloppé les orifices d'introduction avec une corniche en bois d'une longueur plusieurs fois supérieure à la leur, dirigée vers le plafond et inclinée à 45°. La partie supérieure de la corniche est formée d'une plaque de zinc percée de trous de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{6}$ de pouce ou 3 à 4 millimètres de diamètre. La partie de cette paroi immédiatement au-dessus de l'orifice est en bois plein, pour changer encore mieux la direction du courant. La somme des aires des orifices de la plaque de zinc, à travers lesquels l'air pénètre dans la chambre, est égale à six ou huit fois celle de l'orifice d'admission de l'air extérieur.

« La figure ci-contre montre l'élévation d'une corniche de ventilation, placée sur un orifice d'admission. La partie an-

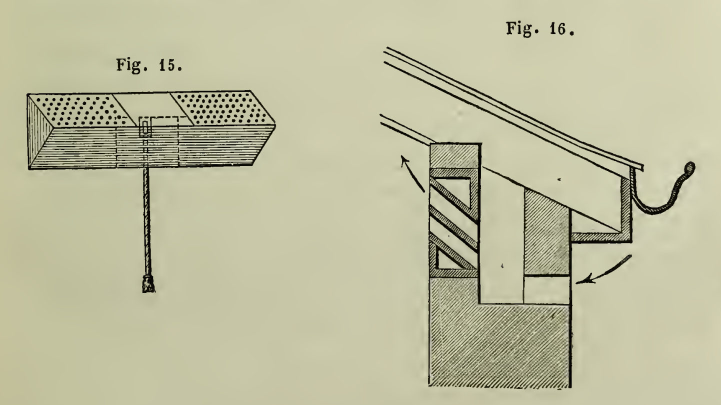


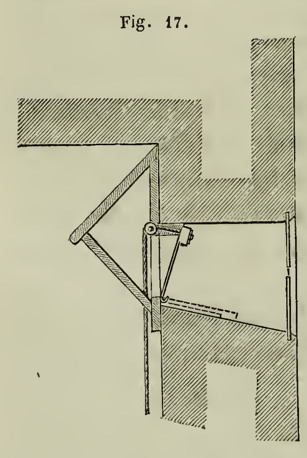
Fig. 15. Fig. 16.

térieure et les extrémités sont en bois, la partie supérieure est en zinc perforé, excepté dans la portion directement opposée à l'orifice, laquelle est en bois. Dans un bâtiment

neuf, il serait préférable d'établir plusieurs petits orifices séparés pour l'introduction. Ils seraient facilement pratiqués dans l'épaisseur des murs, en terminant l'entrée par une brique ordinaire creuse, tandis que l'orifice intérieur serait garni de persiennes en fonte ou en tuiles, écartées d'un pouce et demi ou 3 à 4 centimètres, inclinées en haut vers le plafond et pouvant être fermées à volonté. L'appareil ventilateur du Sherringham pourrait aussi être employé.

« La figure montre la coupe d'un orifice d'admission avec son couvercle en zinc, perforé du côté de la chambre, et le dispositif pour le fermer à l'aide d'une valve et d'une corde pour faire tourner celle-ci autour d'un axe fixé à son côté inférieur et ajusté de façon, qu'ayant un contre-poids à son bord supérieur, elle tombe et laisse l'orifice ouvert, quand elle n'est pas élevée et maintenue par la corde. Cette valve doit être très-libre, de façon que, quand elle est fermée, il y ait au moins un demi-pouce ou un pouce, ou 12 à 25 millimètres, entre elle et les côtés et le fond de l'orifice. Elle peut être faite en zinc ou en tôle galvanisée.

Fig. 17.

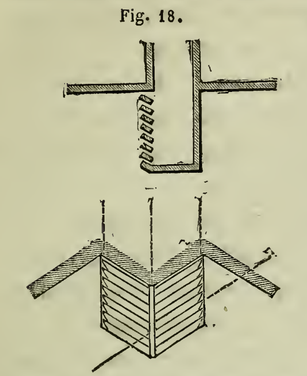


« La corniche ou les persiennes, qui couvrent l'orifice d'entrée, doivent être fixées avec des vis, pour qu'il soit facile de les enlever pour nettoyer l'intérieur.

« Le volume d'air fourni par ces orifices et par ceux d'introduction d'air chaud, que nous allons décrire, a été trouvé généralement suffisant pour la cheminée du foyer et pour le conduit d'évacuation, particulièrement dans les chambres situées immédiatement sous le toit ; mais quelquefois, par l'action du vent extérieur, les courants d'air deviennent irréguliers et produisent des rentrées d'air vicié dans le conduit d'évacua-

tion. Pour obvier à ces inconvénients, nous avons placé des persiennes renversées, sur le côté inférieur du conduit, du côté de la chambre. Ils ont pour effet de diriger ces courants vers le plafond et de les empêcher de descendre sur les hommes. La figure fera mieux comprendre la construction de ces persiennes. Cette précaution n'a été nécessaire que dans un petit nombre de cas*.

Fig. 18.



« Dans quelques casernes, il ne nous a pas semblé nécessaire de pratiquer des orifices d'introduction, parce qu'il y existait déjà des tuyaux passant à travers les plafonds. Ces tuyaux établissaient la communication de l'air extérieur avec la chambre. L'erreur de leur installation avait été de les utiliser comme conduits d'évacuation, tandis que par l'action d'appel du foyer ils devenaient en réalité des orifices d'admission, et nous avons recueilli souvent des plaintes sur les courants d'air descendant qu'ils produisaient, parce qu'ils étaient généralement établis au-dessus de la table et des bancs des hommes. Sir Joshua Jebb a introduit un perfectionnement dans ces conduits de ventilation en plaçant au-dessus un couvercle en bois, dont le but est d'accroître l'effet du conduit quand le vent souffle d'un côté ou de l'autre du bâtiment. Il agit cependant encore dans ce cas, comme orifice d'admission et en l'appliquant dans ce but nous en avons transporté l'ouverture de la partie inférieure sur les côtés du conduit, en l'agrandissant et en y plaçant des plaques de zinc perforé ou des persiennes pour disperser le courant.

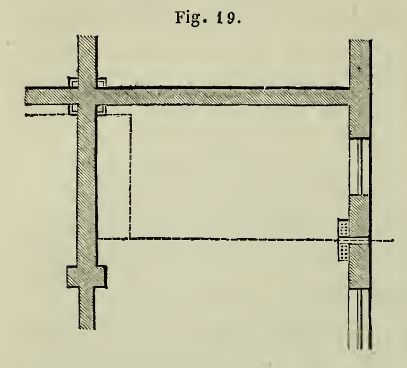
55. « *Positions respectives des tuyaux d'évacuation et des*

---

* La réussite de cette addition montre que, dans ce dispositif, l'évacuation de l'air vicié n'a pas assez de stabilité.

orifices d'admission. — Les positions relatives des conduits d'évacuation et des orifices d'accès de l'air, que nous avons adoptées pour les chambres de casernes, sont indiquées en plan et en coupe dans les figures ci-contre.

Fig. 19.



« Il est important que le conduit d'évacuation et les orifices d'admission soient placés aussi loin que possible les uns des autres, afin de permettre la diffusion du courant d'air nouveau de se produire dans la masse générale de l'air de la chambre, de manière que toute la capacité de celle-ci soit à un état moyen de salubrité, mais, par suite de la direction que prennent les courants d'air dans une chambre, il nous a paru préférable de placer le conduit d'évacuation de l'air vicié d'un côté ou de l'autre du foyer et non directement en face.

« D'après ces dispositions, le renouvellement de l'air dans une chambre de caserne se fera ainsi qu'il suit :

« Supposons une chambre, contenant dix hommes dans un espace de 6000 pieds cubes ou 168 mètres cubes, ventilés au moyen d'une cheminée, d'un conduit d'évacuation et de deux orifices d'admission. Il y entrera par heure environ 12000 pieds cubes ou 336 mètres cubes d'air extérieur par les orifices d'admission. Cet air se mêlera avec celui de la chambre, en le maintenant à un certain état de pureté, quant à l'acide carbonique, à la vapeur aqueuse et aux matières organiques. La moitié environ de l'air s'échappera par la cheminée et l'autre moitié par le conduit d'évacuation et la qualité, ainsi que la température de l'air, seront à peu près uniformes dans toute son étendue.

« Les différentes parties de l'appareil n'agiront pas toujours avec la même efficacité, mais les variations n'auront

pas une importance assez grande pour modifier le résultat moyen.

36. « *Chauffage de l'air admis.* — Il est évident qu'une si grande quantité d'air traversant l'hiver une chambre de caserne la maintiendrait à une basse température, si, par quelque moyen simple, l'on ne pouvait chauffer au moins une partie de l'air introduit. Notre attention s'est spécialement portée sur cette question et nous avons examiné les meilleurs foyers à présent en usage. Aucun, cependant, ne nous a semblé à la fois convenable, pour l'usage des casernes, et disposé de manière que la chaleur qu'il fournit pût être utilisée pour la ventilation. Le foyer actuel des chambres de casernes, dont nous avons déjà parlé, permet à la plus grande partie de la chaleur qu'il développe de s'échapper par la cheminée, et c'est au moyen de ce courant constant de chaleur perdue que nous nous sommes décidés à chauffer l'air nouveau admis dans la chambre. Après plusieurs essais, nous avons adopté un foyer qui, autant que nous pouvons en juger par l'expérience de deux hivers, remplit le but proposé. Mais dans un problème qui présente tant de difficultés, il est probable qu'il y aura lieu d'introduire quelques perfectionnements, à mesure que les essais continueront.

37. « *Nouveau modèle de foyer.* — Les principes d'après lesquels l'on a construit ces nouveaux foyers sont les suivants :

« La grille doit être placée aussi en avant que possible dans l'intérieur de la chambre ; la partie qui doit contenir le combustible est en briques réfractaires, le fond est en partie plein pour restreindre la consommation de charbon. Une prise d'air est ménagée par derrière la grille et amenée au-dessus du feu, pour aider à empêcher le foyer de fumer. Les parois latérales sont inclinées de manière à envoyer, par radiation, dans la chambre, la plus grande quantité de chaleur possible. L'ouverture dans la cheminée n'a pas de regis-

tre. Derrière la plaque de fond est ménagée une chambre dans laquelle l'air arrive de l'extérieur, est chauffé par son contact avec les larges surfaces postérieures de la plaque, augmentées par des appendices, jusqu'à une température de 56 à 70^{of} ou 13^{oc},33 à 21^{oc},11, puis passe dans la chambre par un conduit établi dans le mur et qui se termine par une ouverture garnie de persiennes, au-dessus de la position des hommes. La chambre à air est ménagée aussi grande qu'il est possible.

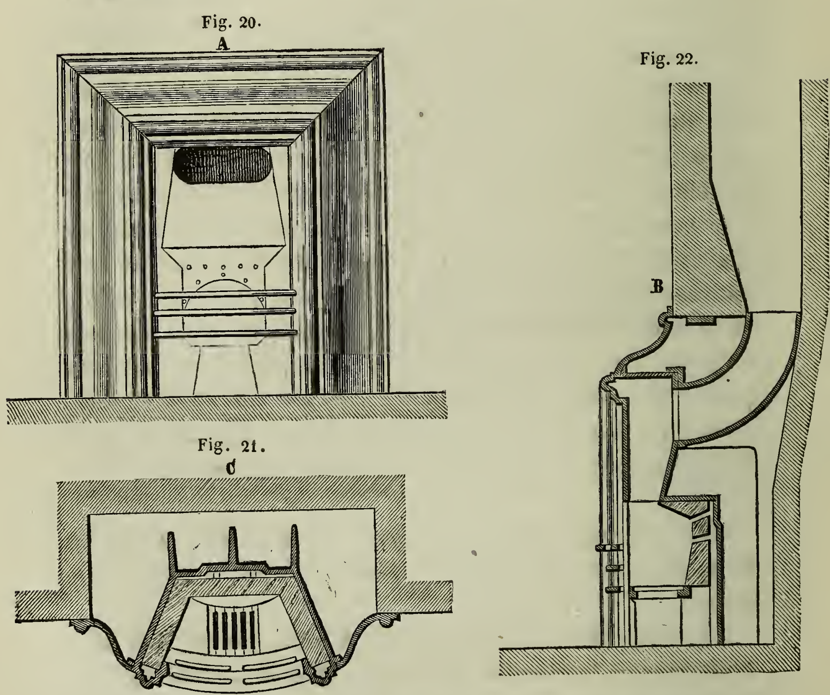


Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.

« Les croquis ci-joints montrent comment on a réalisé cette idée.

« A, B, C sont l'élévation, le plan et la coupe transversale du foyer.

« La maçonnerie qui entoure le feu autour de la grille est représentée dans les fig. B et C où elle est indiquée par des hachures. La maçonnerie de fond porte des rainures termi-

nées par des ouvertures qui forment des canaux pour l'admission de l'air en arrière et au-dessus du combustible. Le corps est fait en plaques de fonte.

« Ces foyers ont été construits de trois dimensions, selon la contenance des chambres. Aussi un foyer avec grille de $1^p,3^{in}$ ou $0^m,38$ est destiné à des chambres de 3600 pieds cubes ou $100^{m \cdot c},8$ au plus, un foyer avec grille de $1^p,5^{in}$ ou $0^m,43$, l'est à des chambres de 3600 à 7800 pieds cubes ou $100^{m \cdot c},8$ à $218^{m \cdot c},4$. Le plus grand foyer, dont la grille a $1^p,9^{in}$ ou $0^m,52$ d'ouverture, sert à des chambres de 7800 pieds cubes à 12 000 pieds cubes ou $218^{m \cdot c},4$ à 336 mètres cubes; capacité au delà de laquelle il convient d'employer deux foyers.

« Le plan montre en outre les dimensions de l'ouverture ordinaire du foyer d'une chambre de soldats, ainsi que la manière de l'établir dans la chambre à air.

« Le mode d'admission de l'air extérieur dans cette chambre dépend de l'emplacement du foyer. S'il est établi dans un mur extérieur, l'ouverture pour l'admission de l'air nouveau peut être pratiquée en arrière; mais s'il est dans un mur intérieur ou de refend, il est nécessaire de construire un conduit prenant l'air à l'extérieur dans l'épaisseur du plancher, ou par un tuyau passant au-dessous du plafond de la chambre inférieure. Dans tous les cas, ces conduits horizontaux doivent avoir une section de pouce quarré ou $6^{cent \cdot q},3$ pour 100 pieds cubes ou 28 mètres cubes de capacité de la chambre. La grille, qui forme l'ouverture d'admission de l'air extérieur, ne doit pas être aussi grande que l'aire totale de la section de conduit, de façon que l'aire libre de passage soit environ la moitié de la section du conduit. Si ce conduit doit avoir une longueur considérable, l'aire de la section sera faite plus grande, mais si, au contraire, il y a une communication directe avec l'air extérieur, cette section pourra être moindre que la proportion ci-dessus, L'on doit avoir bien soin que la prise d'air soit établie dans un endroit où il n'y ait aucune cause d'infection et qu'elle

soit placée aussi haut que possible au-dessus de la surface du sol.

« De la chambre à air, située derrière le foyer, l'air est amené dans la chambre par un conduit, que l'on voit en élévation dans la figure, et passe à travers une ouverture garnie de persiennes, placée aussi près que possible du plafond. L'aire libre entre ces persiennes est beaucoup plus grande que la section du conduit et les persiennes sont inclinées vers le haut afin d'empêcher les courants d'air froid d'être ressentis quand il n'y a pas de feu. Cette grille est fixée avec des vis, pour qu'il soit possible de l'enlever pour le nettoyage.

« Si le conduit est construit en briques, il doit être enduit de ciment à l'intérieur. Le minimum de sa section doit être de 1 pouce quarré ou $6^{cent.q},3$ pour 100 pieds cubes ou $2^{m.c},8$ de capacité de la chambre *.

« S'il y a quelques inconvénients à pratiquer ce conduit dans le massif de la cheminée, ou si cela est plus économique, l'air, qui provient de la chambre chaude, peut être introduit dans la pièce par un tuyau en tôle de forme demi-circulaire fixé au mur et dont le sommet serait coupé en arrière en biseau et couvert d'une feuille de zinc percée de gros trous. Ce tuyau communiquerait avec la chambre postérieure du foyer par une ouverture ménagée dans la partie antérieure, ou dans le conduit de la cheminée.

Le foyer est fait en deux pièces séparées, afin que celle de devant puisse, au besoin, être détachée, pour nettoyer la chambre à air, les parties en métal et le conduit.

« L'adoption de ce modèle de foyer a montré que l'on pouvait introduire un volume d'air suffisant, modérément chauffé, dans les chambres pour en assurer la ventilation,

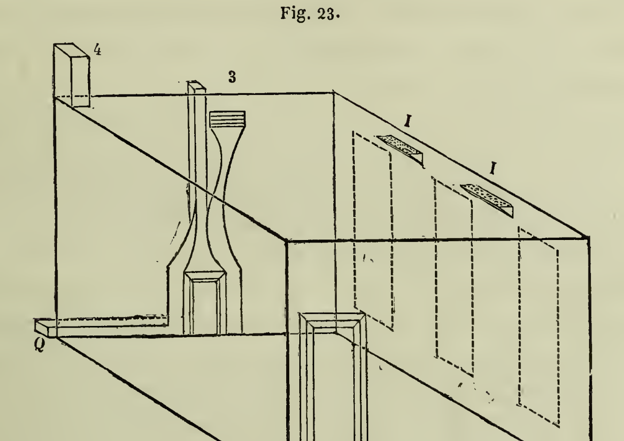
---

* La capacité de la chambre devant être de 600 pieds cubes ou $16^{m.c},8$ par homme, cela revient à $37^{c.q},8$ par homme, et si l'on suppose que la cheminée doit évacuer la moitié ou le tiers de l'air alloué, $16^{m.c},8$ à $11^{m.c},2$ par heure, cela correspondrait à des vitesses d'introduction de $1^{m},20$ et de $0^{m},82$ en une seconde, ce qui n'a rien d'exagéré.

tandis que la forme du foyer et le système d'échauffement de l'air assuraient une économie considérable de combustible[1].

« Quand le feu est allumé et que l'air est échauffé, il en entre un grand volume dans la chambre : mais lorsque le feu est éteint, la longueur horizontale des conduits dans lesquels l'air doit quelquefois circuler, tend à ralentir le courant; de sorte qu'il est à désirer que les orifices d'admission de l'air froid dont on vient de parler soient établis aussi directement que possible.

Fig. 23.



« La figure ci-contre montre la disposition complète pour la ventilation et le chauffage d'une chambre de la caserne de Wellington. II sont les orifices d'admission de l'air froid masqués par des corniches en bois, recouvertes de feuilles de zinc perforé; Q est un orifice d'accès de l'air, qui doit être chauffé dans l'espace réservé derrière le foyer; cet air passe ensuite dans le conduit pratiqué dans le mur et est introduit

1. Pendant que ce rapport était sous presse, la rigueur exceptionnelle de l'hiver de 1860-61 a donné lieu à des plaintes sur le défaut de puissance calorifique de quelques-uns de ces foyers. L'expérience a conduit à adopter certains perfectionnements qui préviendront, on l'espère, de semblables plaintes.

dans la chambre par les persiennes 3. Le conduit d'évacuation de l'air vicié est indiqué en 4 ; mais dans la pratique ce conduit doit être placé le plus loin possible du foyer.

38. « *Nécessité d'une surveillance responsable de la ventilation des casernes.* — Ainsi que nous l'avons dit, il nous a paru nécessaire de placer des valves mobiles aux orifices d'admission, et il est aussi désirable d'avoir des moyens de fermer en partie les orifices d'évacuation, afin de pouvoir modérer la ventilation, quand il fait froid. Mais comme aucun système de ventilation, si parfait qu'il soit, ne peut être considéré comme agissant automatiquement dans toutes les circonstances, nous pensons qu'il est absolument nécessaire que quelqu'un soit chargé du service de la ventilation dans chaque caserne, ainsi que des autres dispositions relatives à la salubrité, et que ce fonctionnaire soit responsable de leur efficacité.

« Dans les nouveaux règlements du service médical, il a été sagement ordonné que le médecin militaire de service au régiment se rendît compte lui-même de l'état de la ventilation dans chaque chambre de caserne, le jour et la nuit, et fît rapport sur les défauts observés à l'officier commandant.

« Il nous semble qu'un supplément très-nécessaire à ce règlement serait de rendre le commandant de la caserne, qui doit être compétent pour cet emploi, ou quelque personne spécialement désignée, responsable de l'état d'entretien et de l'usage de ces appareils de chauffage et de ventilation. Nous nous sommes attachés à disposer le tout de la manière la plus simple et la moins compliquée, de sorte que tout le monde peut comprendre l'appareil. Mais il n'en faut pas moins que quelqu'un soit chargé de voir s'il n'est pas obstrué et s'il n'est pas dégradé ou mis hors de service. Il est aussi possible que par un temps très-froid, la température des chambres ventilées tombe au-dessous de 50° F. ou 10°c, et en pareil cas, nous conseillerions d'accorder aux soldats un supplément de chauffage, plutôt que de diminuer ou d'arrêter la ventilation. »

Hôpitaux militaires.

39. *Extraits du rapport sur les dispositions à employer dans les hôpitaux.* — La commission dont nous analysons le travail en ce qui concerne plus spécialement la question de la ventilation, a procédé pour les hôpitaux avec le même soin qu'elle avait apporté à l'étude de l'amélioration sanitaire des casernes.

Cette question présentait pour les hôpitaux militaires du Royaume-Uni une différence fondamentale avec celle qui concerne les établissements de la France. Tandis que chez nous il n'y a dans chaque caserne qu'une petite infirmerie, où l'on traite les indispositions passagères, et que pour les maladies ou les accidents plus graves les hommes sont conduits dans des hôpitaux militaires communs à toute la garnison ou à leur défaut dans les hôpitaux civils de la localité, le service des soldats malades en Angleterre appartenant à chaque corps ou portion de corps, en garnison dans une ville, est fait dans un hôpital spécial dépendant de la caserne même, et qui, presque toujours, est compris dans la même enceinte. De là résulte un nombre considérable de petits hôpitaux, de médecins et d'employés qui fort souvent n'ont rien à faire, quand la caserne est vide, ainsi que le fait remarquer la commission.

La plupart de ces petits hôpitaux sont l'objet de sévères et justes critiques de la part de la commission sous les rapports de la construction, de la disposition vicieuse des salles, de l'encombrement et du nombre excessif des agents qui y sont attachés.

Sans nous arrêter à cette partie du travail de la commission, nous nous bornerons à faire connaître les principes qu'elle a admis pour l'amélioration des hôpitaux existants et pour la construction de ceux qui seraient à créer.

40. *Hauteur des salles.* — Elle insiste d'abord sur la néces-

sité de donner aux salles de malades une hauteur suffisante qu'elle fixe à 15p ou 4m,57 pour les salles des petits hôpitaux, et à 15p ou 16p, 4m,57 à 4m,88 pour les grandes salles.

41. *Disposition des salles sous le rapport des fenêtres.* — La commission demande aussi avec juste raison que les salles soient toujours disposées de telle façon qu'il y ait au moins une fenêtre pour deux lits et entre chaque couple de lit, afin de permettre de profiter, selon le temps, des bons effets de la ventilation naturelle que produit l'ouverture des fenêtres.

42. *Espace cubique à allouer par lit.* — On fait remarquer dans le rapport que, dans les casernes, les hommes en santé ne séjournent au plus que 8 heures sur 24 dans les chambres, tandis que les malades restent le jour et la nuit dans les salles, exposés aux effets des émanations morbides. Il est donc encore bien plus nécessaire pour les hôpitaux que pour les casernes d'allouer à chaque individu un espace suffisant, et surtout de s'opposer à tout encombrement en cas d'épidémie.

Sous le rapport de l'espace affecté à chaque lit, les hôpitaux militaires d'Angleterre laissent, à ce qu'il paraît, beaucoup à désirer, puisque sur le nombre total de 7167 lits qu'ils contiennent, il n'y en a que 264 qui aient le volume de 1200p.c ou 33m.c,6 qui a été regardé par la commission royale de santé de l'armée comme le minimum que l'on doive allouer. Les hôpitaux civils paraissent bien mieux partagés sous ce rapport et atteignent ou dépassent presque tous la proportion ci-dessus, comme le montre le tableau suivant:

ESPACE CUBIQUE ALLOUÉ PAR LIT DANS DIVERS HÔPITAUX CIVILS D'ANGLETERRE.

DÉSIGNATION DES HÔPITAUX.	ESPACE cubique par lot.	DÉSIGNATION DES HÔPITAUX.	ESPACE cubique par lot.
	m. c.		m. c.
Brighton	30,80	Warwick	36,18
Bristol	28,00	Saint-Bartholomeus	38,56
Nottingham	28,00	York	39,90
Glascow	30,80	Saint-Mary's	42,00
Westminster	30,80	Newcastle-en-Tym	43,68
University College	31,00	Saint-Thomas	47,60
Middlesex	30,80	Guy's	36,40 à 56,00
Leeds	30,80		
Edinburgh	31,64	King's College	50,65 à 57,90
Winchester	30,80		
Manchester	33,60 à 42,00	Royal free hospital	45,30 à 67,93
Saint-George	35,28		

Ce volume d'espace paraît être une des premières conditions de la salubrité des hôpitaux, et les médecins anglais semblent unanimes sur ce point.

C'est d'après cette opinion générale que la commission a fixé à 1200p.c ou 33m,c.60 pour les pays tempérés, et à 1500p.c ou 42m.c pour les pays chauds le minimum d'espace à allouer par lit dans les hôpitaux militaires. La distance entre deux lits voisins, qui ne devrait jamais être moindre de 1m,30 à 1m,50, s'élève, dans quelques hôpitaux civils d'Angleterre, bien au delà de cette limite, et celle qui sépare les pieds des lits dépasse souvent 4m.

43. *Ventilation.* — Le grand nombre d'hôpitaux militaires qu'entraîne l'usage d'en faire une annexe presque obligée des casernes a paru à la commission un obstacle à l'adoption d'aucun des systèmes mis en usage en France pour chauffer et ventiler quelques-uns de nos hôpitaux militaires ou civils, et elle a préféré appliquer séparément à chacune des salles d'hôpital, en même temps qu'aux autres locaux qui en dépendent, le système de ventilateurs qu'elle a adopté pour les

chambres de caserne. L'usage, à peu près impossible à faire abandonner en Angleterre, des foyers découverts où l'on brûle de la houille, est une autre cause de la préférence accordée aux dispositions proposées.

L'expérience montrant qu'avec un feu modéré une cheminée de dimension ordinaire peut produire facilement l'évacuation de 1000 à 1200$^{m.c}$ d'air par heure, l'on comprend en effet qu'en établissant des orifices d'air suffisants et amenant de l'air à une température convenable, il est facile par les dispositions admises par la commission de renouveler l'air d'une chambre contenant une douzaine de lits.

L'on peut cependant reprocher à ce système d'appeler vers la cheminée où se réunissent les convalescents la plus grande partie de l'air vicié de la salle, tandis que l'évacuation du reste par le conduit placé dans un angle du plafond n'est pas toujours suffisamment à l'abri des coups de vent qui peuvent refouler l'air vicié à l'intérieur, ainsi que cela a été constaté en France pour des dispositifs analogues.

Enfin l'usage des foyers découverts, qui chauffent fort peu, est certainement beaucoup plus dispendieux que celui des divers appareils de chauffage par l'air chaud, par la vapeur ou par l'eau chaude. Cette considération qui, par suite du bas prix du charbon, a en Angleterre moins d'importance qu'en France, ce qui peut expliquer en partie la persistance que mettent nos voisins à recourir toujours aux foyers découverts.

44. *Volume d'air à admettre et à extraire par lit et chauffage.* — La commission, sans s'expliquer aussi nettement que pour les casernes sur le volume d'air nouveau qu'elle regarde comme nécessaire par lit, donne les règles suivantes :

« Une salle bien disposée peut toujours être bien ventilée par un emploi convenable des fenêtres ; mais quand la hauteur, qui est un élément important de la ventilation, est restreinte, il faut ménager dans les murs des conduits d'évacuation et d'admission ;

« Le nombre de ces passages doit être réglé d'après celui des lits. Un conduit d'évacuation et un orifice d'admission pour quatre ou cinq lits suffiront. La meilleure disposition serait peut-être de disposer dans le mur un conduit d'évacuation au plafond, au-dessus du milieu de chaque trumeau, et un orifice d'admission au milieu du trumeau opposé, de façon qu'il y ait un orifice d'évacuation et un orifice d'introduction vis-à-vis l'un de l'autre, entre chaque paire de lits opposés. Cela fournirait un orifice d'évacuation et un orifice d'admission pour quatre lits. Il ne devrait y avoir aucun orifice dans les murs au-dessus du foyer.

« L'aire totale des conduits d'évacuation doit être au moins égale à 18^{pq} par lit pour les salles de l'étage supérieur, et à 16^{pq} par lit pour celles de l'étage inférieur. L'aire totale des orifices d'admission doit être au moins de 12^{pq} par lit.

« La construction de ces orifices doit être conforme à ce qui a été dit précédemment pour les casernes. »

Si l'on se rappelle que, pour ces derniers édifices, les proportions indiquées par la commission revenaient à 10^{pq} ou 63^{cq}. par homme, auquel on pensait ainsi assurer un volume d'air de $33^{m.c},60$ par heure, il suit des proportions précédentes que, pour les salles des hôpitaux, la superficie des orifices d'admission devrait être $\frac{12}{10} = 1.20$ fois celle que l'on a adoptée pour les casernes, et le volume d'air introduit par lit égal à $33^{m.c},6 \times 1.2 = 40^{m.c},32$ par heure.

La surface des orifices d'évacuation des salles d'hôpital seraient à l'étage supérieur $\frac{18}{10} = 1.8$ fois, et au rez-de-chaussée $\frac{16}{10} = 1.6$ fois, celle qui est allouée pour les casernes ; ce qui semblerait indiquer que l'on voulait obtenir une évacuation de $33^{m.c},6 \times 1.8 = 60^{m.c},48$ par heure et par lit.

Il est à regretter que ces proportions ne soient pas déterminées plus nettement, et cette incertitude provient sans doute de la préférence que les Anglais accordent à la ventilation

par les fenêtres, plus souvent praticable sous leur climat humide, mais rarement très-froid, que sous le nôtre.

Des foyers découverts, analogues à ceux des casernes et disposés de même pour l'introduction de l'air nouveau, seraient placés sur les côtés des salles, devant les fenêtres, entre deux lits et le conduit enfermé dans le trumeau voisin, ainsi sans doute que le conduit d'air chaud, quoiqu'on ne le dise pas.

Dans un plan général d'hôpital donné pour modèle, on suppose deux cheminées par salle de 28 lits. L'emplacement de ces cheminées entre deux lits ne serait pas sans inconvénient pour les malades, et il vaudrait mieux, pour conserver l'usage des foyers découverts, établir les cheminées dans l'axe des salles, en les disposant de manière à chauffer à la fois par rayonnement direct, par leur surface et par l'introduction d'un courant d'air qui déboucherait près du plafond.

45. *Résumé.* — L'on voit, par l'extrait précédent du travail fort consciencieux de la commission nommée pour l'amélioration de l'état sanitaire des casernes et des hôpitaux militaires de la Grande-Bretagne, que les moyens qu'elle a proposés et mis en pratique pour la ventilation reposent tous sur les effets de l'appel que produit la différence de température intérieure et extérieure. Elle n'a eu recours à un échauffement artificiel de l'air que pour tirer un meilleur parti de la chaleur développée dans les foyers découverts ordinaires qu'elle a un peu modifiés, et pour ne pas s'exposer l'hiver à introduire de l'air trop froid dans les salles ou dans les chambres.

Elle a reconnu et signalé les inconvénients des orifices placés au niveau ou près du sol, et avec juste raison elle a fixé leur emplacement près du plafond, à travers des fragments de corniche, offrant un grand nombre de petits orifices, qui divisent le courant et le dirigent de bas en haut vers le plafond.

Elle a même placé l'origine du conduit d'évacuation au plafond, en adoptant une opinion toute différente de celle de M. Reid et de M. G. Gurney.

Si ces dispositions peuvent, dans des temps calmes et par certaines différences de température, fonctionner comme on l'espère, il en est tout autrement quand ces différences changent de sens, et la marche de l'air affluent et de l'air vicié ne me semble pas en général être assez énergiquement assurée par les moyens proposés, pour qu'on puisse compter sur des effets stables et permanents. Cet inconvénient, qui ne serait qu'accidentel et peu grave pour les casernes où les hommes ne séjournent qu'une partie du jour, est plus sérieux pour les salles d'un hôpital, dans lesquelles les malades sont confinés pendant longtemps.

Aussi, tout en reconnaissant que les moyens proposés peuvent convenir pour les casernes, ne suis-je pas du même avis pour les hôpitaux, surtout quand, comme ceux de la France, leur importance permet d'y établir des systèmes de ventilation d'autant moins coûteux d'installation et de surveillance qu'ils assurent le service d'un plus grand nombre de lits.

CHAPITRE II.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

46. *Rappel des propriétés mécaniques de l'air.* — La solution des questions qui se rapportent à la ventilation reposant sur les propriétés physiques de l'air et principalement sur des effets mécaniques, fort simples mais trop souvent perdus de vue, il me paraît utile d'appeler l'attention sur les conséquences qui découlent de ces propriétés et des notions élémentaires de la mécanique, quant aux mouvements que ce fluide peut prendre sous l'action des causes qui le sollicitent,

Tous les gaz et l'air en particulier sont, comme on le sait, formés de molécules qui, d'une part, par l'action des forces répulsives dont elles sont douées, tendent à s'écarter de plus en plus les unes des autres, dès que les forces extérieures qui s'y opposent diminuent d'intensité, tandis que, d'une autre part, l'excessive mobilité, qui est la conséquence de la petitesse de leur masse et de leur indépendance, leur permet d'obéir facilement à l'action des forces qui tendent soit à les rapprocher ou à restreindre le volume qu'elles occupent, soit à leur communiquer des mouvements quelconques.

47. *Mobilité des molécules d'air.* — C'est à la fois de cette mobilité des molécules gazeuses et de la faiblesse des forces moléculaires attractives qui les unissent, que résulte la facilité avec laquelle elles sont susceptibles de s'écarter, de se rapprocher et de recevoir tous les mouvements de translation que les forces extérieures tendent à leur imprimer, ainsi que les mouvements de rotation, de tourbillonnements sur elles-mêmes que les moindres circonstances accidentelles suffisent pour produire.

Ces derniers mouvements, déjà si sensibles et si visibles dans les liquides, le sont bien plus encore dans les gaz, et il est bien rare qu'ils n'accompagnent pas toujours les mouve-

ments de translation. Or, comme ils ne peuvent se produire sans donner lieu à une consommation plus ou moins grande de travail moteur, tant à cause des forces vives de rotation imprimées et éteintes en pure perte, que par suite du frottement des molécules les unes sur les autres, tandis qu'en général les mouvements de translation constituent seuls l'effet utile que l'on veut produire dans toutes les questions de ventilation, il s'ensuit :

1° Que dans toutes les circulations d'air, il se produit, par le seul effet des tourbillonnements inévitables qu'éprouvent les molécules, des pertes de travail souvent impossibles à apprécier ;

2° Qu'il est très-important d'éviter, autant que possible, toutes les dispositions qui peuvent faciliter ou favoriser la création de ces mouvements.

Les changements plus ou moins brusques de direction, la présence des moindres obstacles, la rugosité des parois des conduits, l'affluence ou le dégagement de courants plus ou moins rapides dans des masses d'air en repos ou animées d'un mouvement plus lent, sont autant de causes infaillibles de la naissance de ces mouvements rotatoires. La marche parallèle, et dans le même sens de deux courants animés de vitesses différentes, suffit pour produire des effets analogues et pour amener des perturbations notables dans les volumes d'air qu'ils auraient débités séparément.

Ces phénomènes, sur lesquels il me semble utile de fixer l'attention des personnes qui s'occupent de ventilation, sont faciles à observer dans bien des circonstances, et, pour les liquides, ils se manifestent de la manière la plus évidente dans une foule de cas.

48. *Exemple du mouvement du remous.* — L'un des plus remarquables exemples que l'on puisse observer pour se rendre compte de ces effets, nous est offert l'hiver par le passage rapide des eaux sous les ponts, au moment où les rivières charrient des glaçons. En se plaçant sur un pont, au-dessus du mi-

lieu d'une arche et en regardant attentivement du côté d'aval, pour observer la marche de ces glaçons, on les voit d'abord rapidement emportés par le courant, descendre avec vitesse jusqu'à une certaine distance; mais bientôt, ceux qui étaient à droite et à gauche du courant, rencontrant d'autres glaçons situés dans le remous, qui s'est formé derrière les piles, commencent à tournoyer sur eux-mêmes; leur vitesse générale de transport d'amont vers l'aval s'éteint, et on les voit, à partir d'une certaine distance, remonter en arrière des piles avec une vitesse très-comparable à celle du courant qui les avait amenés. Ainsi revenus près du pont, quelques-uns restent stationnaires dans le remous, à peu près fixe, qui s'est formé contre les piles, mais le plus grand nombre, choqué latéralement par les nouveaux glaçons qu'entraîne le courant, descend avec eux pour recommencer à tourbillonner. L'effet de ce mouvement général de retour d'un grand nombre de glaçons est tellement frappant que l'observateur, qui le suit avec attention, est lui-même l'objet d'une illusion singulière, par suite de laquelle il lui semble être entraîné avec le pont vers l'amont du courant, qu'il croit alors remonter avec une vitesse considérable. Quelque prévenu que l'on soit de cette illusion, il est difficile de lui échapper, et elle se reproduit sans cesse.

L'on conçoit de suite que tous ces effets de tourbillonnements, ces chocs de glaçons les uns contre les autres, leur retour de l'aval vers l'amont, doivent consommer une grande partie de la force vive que possédait le courant à son passage sous le pont et du travail moteur correspondant à la dénivellation, à la chute qui se forme en pareil cas de l'amont à l'aval; aussi, à une certaine distance, le mouvement de translation si rapide que possédait le courant a considérablement diminué, et ce courant ne conserve plus qu'une vitesse moyenne qui, à section égale, est la même que celle qu'il avait à l'amont du pont, parce qu'il passe partout le même volume d'eau.

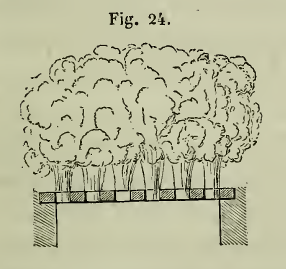
Ainsi l'effet de tous ces tourbillonnements a été, en défi-

nitive de consommer en pure perte tout le travail moteur développé par la chute qui s'était formée à l'amont du pont et par la pente naturelle du lit.

Or cette chute est souvent de près de $0^{m},50$, et quand une rivière débite en temps de crue $400^{m.c}$, comme cela arrive quelquefois pour la Seine, mais avec une chute de $0^{m},20$, ce débit correspondrait à un travail moteur exprimé par $\frac{400\,000^{kil} \times 0^{m}20}{75} = 1066$ chevaux vapeur, ce qui donne une idée des pertes de travail que peuvent en pareil cas produire les tourbillonnements des liquides.

49. *Effets analogues produits par le passage de l'air à travers des grilles.* — Il ne sera pas inutile dès à présent d'indiquer que les effets si visibles qui se manifestent au passage de l'eau sous les ponts se produisent d'une manière à peu près identique, lorsque l'air débouche par les orifices d'une grille dont les barreaux ont des dimensions comparables à celles des vides qui existent entre eux. Au delà ou au-dessus de chaque barreau plein, il se forme un remous et des tourbillonnements semblables à ceux que nous avons décrits tout à l'heure. Mais, en outre, le fluide débouchant dans un espace indéfini, son courant s'épanouit en tous sens et toute la force vive qu'il possédait est promptement éteinte.

Fig. 24.



50. *Perte de force vive dans le cas où l'air est insufflé dans une salle.*—Des effets analogues ont également lieu quand un courant fluide, liquide ou gazeux, débouche avec vitesse dans une capacité d'une section plus grande, et ils ont été décrits et signalés depuis

Fig. 25.

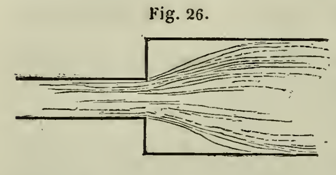


longtemps par tous les hydrauliciens, et en particulier par M. Poncelet*.

Nous y reviendrons plus tard quand nous nous occuperons de calculer les pertes de travail moteur ou de force vive auxquelles ils donnent lieu.

51. *Avantage de l'appel sur l'insufflation.* — Mais nous ferons remarquer de suite que, quand, à l'inverse, l'air passe par appel d'une capacité assez grande dans un tuyau plus petit, les filets ou les molécules fluides se dirigent en convergeant vers l'origine de ce tuyau dans des directions variables et avec des vitesses généralement assez faibles, attendu la grandeur relative de la section du réservoir par rapport à celle du tuyau. Il se reproduit alors une sorte de succion ou d'étirage de l'air dans le sens du mouvement d'appel, mais il n'y a que peu ou point de tourbillonnement, et, par conséquent, pour produire par appel l'écoulement d'un même volume de fluide, il y a moins de perte de force vive ou de travail que pour l'y faire arriver, toutes dimensions et toutes choses étant égales d'ailleurs.

Fig. 26.



Mais comme, pour fournir à l'appel le volume d'air dont on veut produire l'extraction par cet appel, il faut nécessairement faire ou laisser introduire un volume égal et qu'il importe de diminuer les pertes de travail moteur, l'on devra proportionner et multiplier assez les arrivées d'air pour que la vitesse d'affluence soit aussi faible que possible.

L'on y trouvera cet avantage que les courants d'air affluents seront d'autant moins incommodes qu'ils seront plus divisés, moins intenses et moins rapides. Il sera d'ailleurs nécessaire de faire en sorte, surtout s'il s'agit d'air froid, que cet air arrive le plus loin possible des endroits occupés par des individus.

* Introduction à la *Mécanique industrielle.*

L'espèce d'étirage que produit un appel d'air par une cheminée, par exemple, occasionne assez habituellement des courants qui, à travers les appartements, s'établissent entre les portes, les fenêtres et les cheminées. Ce sont des effets souvent fâcheux qu'il faut s'attacher à combattre ou au moins à limiter.

52. *Effets ordinaires de la mobilité de l'air.*— L'excessive mobilité de l'air et la rapidité avec laquelle il obéit aux moindres différences de pression, se manifestent encore dans une foule d'autres circonstances. Ainsi l'ouverture ou la fermeture un peu brusque d'une porte, en produisant dans le premier cas une sorte d'appel, d'où résulte une légère diminution de la pression intérieure, dans le second un refoulement qni donne lieu à une augmentation de pression, déterminent dans les autres portes d'un même appartement des mouvements contraires.

La moindre différence de température dans un endroit quelconque d'un appartement y occasionne des mouvements d'air, et comme il n'arrive jamais que toutes les parois d'une même salle soient exactement à la même température, il en résulte que jamais l'air n'est réellement en repos.

L'été, le long des parois ou des fenêtres échauffées par le soleil, l'air monte et s'élève vers le plafond, le suit dans une certaine direction pour se diriger vers les murs plus froids, le long desquels il redescend vers le plancher pour aller regagner les parois plus chaudes, et recommencer une série de mouvements qui ne cessent jamais.

L'hiver, il se produit des effets inverses; l'air se refroidit au contact des fenêtres et des murs extérieurs, et descend le long de leurs parois, tandis qu'il s'échauffe et remonte le long des murs intérieurs plus chauds. Nous indiquerons tout à l'heure un moyen simple de rendre tous ces effets évidents.

La présence d'un foyer, d'un poêle, d'une lampe, d'un individu, selon la quantité de chaleur qu'ils développent

donnent lieu à des mouvements analogues, qui se combinent, se mêlent aux mouvements généraux et établissent une circulation continue de l'air dans toutes les parties d'un appartement, et y entretiennent ainsi une température à peu près uniforme.

53. *Circonstances qui empêchent la circulation complète de l'air.* — Cependant lorsque le développement de la chaleur a lieu en vases clos, tels que des poêles, qui par des bouches de chaleur ou par leurs surfaces échauffent à un degré assez élevé, l'air qui les traverse ou en lèche les surfaces, et qui, en même temps, ne donnent pas lieu à un appel d'air extérieur aussi considérable, quand il y a dans des appartements de puissants foyers d'éclairage, ou un grand nombre d'individus, la quantité d'air échauffé devenant très-prépondérante par rapport à celle de l'air frais qui peut entrer, et l'influence des causes qui produisent la circulation d'air, dont nous venons de parler, devenant relativement plus faible, cette circulation cesse d'être complète et des différences considérables de température peuvent se produire. Les exemples en sont nombreux et faciles à constater.

Ainsi dans un appartement de moyenne dimensions, qui a peu de portes et de fenêtres, le chauffage par un poêle, s'il est un peu trop actif, détermine une grande inégalité de température, l'air chaud s'élève et se maintient vers le plafond, l'air froid reste dans le bas, et il arrive souvent que l'on éprouve à la fois une sensation incommode de chaleur à la tête et de froid aux pieds.

Dans les amphithéâtres, dans les salles de spectacle, où se réunissent un grand nombre d'auditeurs, la température est plus élevée dans les parties supérieures que dans le bas; surtout si les orifices d'évacuation de l'air sont disposés dans le plafond ainsi que cela a été conseillé et pratiqué jusqu'ici presque partout.

Les mêmes effets se produisent dans les grands salons de réception, où il n'y a qu'une circulation d'air insuffisante et

mal disposée. Ainsi aux Tuileries, dans la salle des Maréchaux, aux jours de réception, il règne dans les parties hautes une chaleur insupportable bien supérieure à celle déjà si incommode que l'on éprouve dans le bas.

54. *Nécessité d'une répartition convenable des orifices d'admission de l'air.* — Lorsque pour déterminer le renouvellement de l'air on ménage, comme à la préfecture de la Seine, aux Tuileries et ailleurs, des orifices d'évacuation dans les plafonds, sans assurer en même temps l'admission de l'air par des orifices d'introduction nombreux et bien répartis, il se produit par les portes des courants d'air rentrant d'une grande violence fort incommodes.

Chacun peut se rappeler qu'à l'Exposition de 1855, dans le Palais de l'Industrie, où, malgré nos instances l'on n'avait pas voulu établir, alors qu'il en était encore temps, des dispositions convenables pour assurer le renouvellement de l'air et où l'on s'était contenté de faciliter la sortie de l'air chaud dans la partie supérieure, il se produisait par les grandes entrées des appels et des courants d'air d'une rapidité intolérable.

Ces effets sont quelquefois très-difficiles à éviter, comme nous l'indiquerons en parlant des théâtres, et il faut alors recourir à des dispositions particulières pour atténuer ou limiter l'effet de ces courants d'air affluents.

55. *Rappel et conséquence de quelques notions élémentaires.* — Nous reviendrons plus tard sur les moyens à employer pour assurer la circulation et le renouvellement de l'air, et nous continuerons pour le moment à mettre en relief les propriétés de ce fluide au point de vue qui nous occupe, ainsi que leurs conséquences générales.

Malgré son apparence de légèreté, l'air n'en est pas moins, comme on le sait, un corps pesant dont le mètre cube, à 0° et sous la pression barométrique de $0^m,76$ de mercure, a un poids de $1^k,30$. Il est donc, comme tous les graves, soumis aux lois de la pesanteur et au principe d'Archimède, en

vertu duquel tout corps plongé dans un fluide y perd une portion de son poids égale à celui du volume du fluide qu'il déplace.

L'air étant, ainsi que tous les autres corps, composé de molécules matérielles, il est aussi soumis à cette loi de l'inertie en vertu de laquelle un corps ne peut par lui-même modifier en rien son état de repos ou de mouvement et obéit au contraire à toutes les forces qui le sollicitent, en recevant de chacune d'elles et dans leur direction propre, des vitesses proportionnelles à leur intensité, à la durée de leur action et en raison inverse de la masse à mouvoir.

Ces principes élémentaires de la mécanique, qui régissent tous les corps, les fluides aussi bien que les solides, sont trop fréquemment mis en oubli par les personnes qui, par état même, s'occupent des questions de ventilation. Il n'est pas rare d'entendre énoncer comme un axiome incontestable que l'air tend à s'élever, que l'air froid ne saurait monter, ni l'air chaud descendre, qu'il ne faut pas les diriger horizontalement, etc., etc., autant d'erreurs, de notions fausses, qui conduisent à des appréciations inexactes des effets produits ou à produire.

En réalité, l'air ne tend ni à monter ni à descendre, il se meut comme tous les autres corps, dans toutes les directions que concourent à lui faire suivre les forces qui le sollicitent, et entre autres celles que la pesanteur lui imprime, selon qu'il devient en certaines parties de son volume ou en certains endroits de l'espace qu'il occupe, plus léger ou plus lourd que l'air qui remplit les espaces voisins.

Ainsi, à proximité d'une bougie, d'une lampe, d'un poêle, d'un individu, l'air qui s'échauffe à son contact, devenu moins dense que celui qui limite ou circonscrit l'espace qu'il occupe, s'élève en vertu du principe d'Archimède, attendu qu'il est plus léger que le volume de l'air ambiant qu'il déplace.

A l'inverse, au contact des fenêtres, des murs refroidis l'hiver extérieurement, l'air intérieur devient plus dense,

plus lourd que celui qui l'entoure et alors il descend vers le sol.

Si de faibles variations de température produisent ces effets, des différences légères de pression, des appels, même peu énergiques, en déterminent d'analogues. Ne sent-on pas journellement, quand on se trouve entre une porte ou une fenêtre mal close et une cheminée, un courant direct, horizontal ou descendant, selon les cas, qui se rend directement vers le foyer? N'a-t-on pas tous les jours sous les yeux l'exemple de ces foyers de magasins, sans cheminée apparente, et dont les produits de la combustion se rendent par des tuyaux descendant ou horizontaux vers des cheminées placées à certaines distance? n'existe-t-il pas nombre d'usines dans lesquelles une seule cheminée placée au milieu d'une cour, et loin de tous les foyers auxquels elle est destinée, suffit à l'évacuation des fumées et au tirage actif de ces foyers?

Les poêles, les calorifères qui ont des prises d'air dans des locaux inférieurs et frais ne fournissent-ils pas l'été de l'air relativement froid qui s'élève par le seul effet de la différence de température et de densité de l'air intérieur des locaux où ils sont placés?

Ne voit-on pas, à l'inverse, l'été ou au printemps l'air extérieur descendre par les cheminées non chauffées, pour refluer dans les appartements dont les fenêtres sont ouvertes quand l'action du soleil ayant échauffé les parois et l'intérieur, détermine dans ces appartements et le long de leurs murs extérieurs, une élévation de température et un courant ascendant? Et cet effet accidentel dans les appartements ne peut-il pas facilement devenir un état normal qui, par la seule action d'une aspiration bien réglée, permettrait de faire arriver dans les locaux à ventiler, de l'air pris à des points élevés au-dessus du sol où l'on prétend qu'il est plus pur et plus frais (ce qui n'est pas exact quant à ce dernier point), tout aussi bien qu'on a cru pouvoir le faire exclusivement à l'aide d'appareils mécaniques dispendieux et compliqués?

56. *Moyen à employer pour observer le phénomène de la circulation de l'air.* — Il nous serait facile de multiplier à l'infini ces citations, en prenant pour exemple des phénomènes que chacun peut observer, mais nous nous bornerons à en indiquer le moyen que nous croyions avoir été employé pour la première fois, que nous sachions, par notre ami et collaborateur M. Tresca, mais qui avait été mis déjà en usage en Angleterre par la commission du Board of Health.

Il consiste à prendre un ballon en caoutchouc convenablement rempli de gaz hydrogène, et dont l'enveloppe, recouverte d'un vernis léger pour retarder l'échappement du gaz, est assez mince pour que le volume de l'air qu'il déplace soit plus lourd que le sien. Ce ballon tend naturellement à s'élever, et pour empêcher qu'il ne le fasse trop vite et d'une manière trop prononcée il convient de le lester par un bout de fil plus ou moins long et pesant. Après l'avoir ainsi amené à être à peu près en équilibre dans la partie de la salle où l'on peut supposer que l'air est à sa température moyenne, si l'on approche ce ballon d'un poêle, d'une lampe, d'une bouche de chaleur ou d'une cheminée où le feu brille, et qu'on l'abandonne, on le voit, ainsi que nous l'avons dit pour l'air, s'élever au plafond, y suivre horizontalement une direction qui le mène vers les côtés les plus froids, murs ou fenêtres, descendre le long de ces parois, raser le sol plus ou moins bas pour se rapprocher des sources de chaleur et répéter ce trajet en quelque sorte indéfiniment.

Il suffit d'avoir vu de semblables effets dus à des causes en apparence si faibles et cependant rendues si sensibles, pour reconnaître l'exactitude de ce que nous disions précédemment, savoir : que l'air obéit dans tous les sens aux différences de pression qui les sollicitent, qui peuvent être dues à une ou à plusieurs causes diverses, parmi lesquelles les différences de température ou de densité jouent presque toujours le principal rôle.

Nous reviendrons plus tard sur la manière de calculer ces

effets, quand ils se produisent régulièrement et nous continuerons à nous occuper de quelques considérations générales qui indiqueront la marche à suivre dans les études de ce genre.

But et conditions de la ventilation.

57. *But principal de la ventilation.* — La ventilation peut être considérée au point de vue hygiénique ou au point de vue industriel. Dans le premier cas, elle a pour objet évident d'assainir les lieux habités, d'en extraire l'air vicié; dans le second, que nous laisserons de côté pour le moment, on se propose principalement de dessécher les matières que l'on traite ou de leur enlever une certaine quantité d'humidité surabondante qu'elles contiennent, ce qui exige l'introduction d'air sec et chaud, et l'extraction de cet air après qu'il est surchargé de vapeurs.

La ventilation hygiénique, la seule dont nous nous occupions ici, a donc pour but et doit avoir pour effet principal d'extraire l'air vicié des lieux et des points même où il se produit. Mais toute extraction d'air d'un espace quelconque, qui n'est pas hermétiquement clos et dans lequel le vide ne peut exister, impliquant nécessairement la rentrée de l'air, on ne doit pas, dans la solution des questions de ventilation, séparer l'étude des dispositions à prendre pour assurer la rentrée de l'air de celles qui ont pour objet son extraction.

Cependant, quoique ces deux questions soient connexes et très-intimement liées l'une à l'autre, la première, celle de l'extraction, est évidemment la plus importante; la seconde n'en est que la conséquence forcée. Cela est si vrai que, quand la solution de la première est assurée, la nature seule se charge presque toujours d'une grande partie de la solution de la seconde.

Les ingénieurs qui, pour résoudre les problèmes que présente la ventilation hygiénique, se sont principalement préoccupés des moyens d'assurer l'arrivée de certaines quantités d'air nouveau dans les locaux à assainir, ont donc commis

une erreur de logique et renversé la question. Et, en effet, il n'y aurait pas la moindre nécessité de s'occuper de cette ventilation si l'air n'éprouvait aucune altération, si, en un mot, il n'était pas vicié ou échauffé outre mesure par la présence d'individus malades ou sains. Il serait tout à fait superflu de faire entrer de l'air nouveau dans des locaux qui ne contiendraient que de l'air pur et frais. Ce n'est donc que l'échauffement ou l'altération de l'air qui exigent d'abord l'extraction de celui qui est vicié, et subsidiairement la rentrée de volumes correspondants d'air nouveau.

De ce renversement de la question il est résulté que la préoccupation exclusive de ceux qui ont suivi cette marche a été d'assurer l'arrivée abondante d'air nouveau, et qu'ils ont tous, plus ou moins, négligé les moyens de déterminer d'une manière régulière, uniforme et stable l'évacuation de l'air vicié ; nous le montrerons plus tard par l'examen des résultats constatés par divers observateurs.

Cette erreur, nous devons le dire, n'a pas été commise par les ingénieurs des mines qui ont traité l'importante question de l'aération des puits et des galeries des mines. Quels que soient les moyens que, selon les difficultés locales si nombreuses que présentent les exploitations, ils ont cru pouvoir proposer, tous, pour ainsi dire, ne se sont préoccupés que de résoudre le problème de l'extraction, laissant à la nature le soin d'assurer la rentrée de l'air.

58. *Conditions de l'extraction de l'air vicié.* — Non-seulement le principal problème que présente la ventilation hygiénique consiste dans l'extraction de l'air vicié et non dans la rentrée de l'air nouveau, mais c'est aussi cette extraction qui assure le succès d'une bonne ventilation. L'introduction, sans présenter de difficultés capitales, exige cependant des dispositions spéciales, sur lesquelles nous insisterons plus loin.

Il ne suffit pas d'enlever d'une salle d'hôpital, d'un amphithéâtre, d'une salle de spectacle ou de réunion, un volume

d'air vicié ou trop échauffé, plus ou moins considérable, par quelques orifices plus ou moins bien ménagés, ainsi qu'on l'a fait parfois et qu'on le propose encore dans des projets à l'étude et presque acceptés. Il faut de toute nécessité, et autant qu'il est possible, régler les mouvements de l'air, enlever, extraire l'air vicié aux lieux, aux emplacements même où son altération a été produite, où les émanations malsaines ou désagréables ont été dégagées; cela est évident de soi-même. Si cette condition n'est pas satisfaite, il s'établira, à partir du foyer d'infection, vers les points d'évacuation et d'appel, des courants d'air vicié qui viendront incommoder ou infecter aux points intermédiaires. Dans les hôpitaux, par exemple, les odeurs nauséabondes, les émanations pestilentielles des plaies purulentes, qui propagent les affections contagieuses en passant d'un lit à un autre, y multiplieront les maladies, les affections morbides, et une ventilation qui suivrait une telle marche pourrait devenir en certains cas plus nuisible qu'utile et certainement plus défavorable que cette ventilation primitive qui, pour quelques hôpitaux, et même pour quelques hôpitaux que l'on croit bien ventilés, consiste encore à ouvrir les fenêtres pendant les nuits d'été et tous les matins en hiver.

Il ne convient pas non plus d'appeler l'air vicié par des orifices, même en grand nombre, ouverts dans les parties des salles où l'on circule, où l'on vient se réunir; ce serait le faire respirer à des gens bien portants ou convalescents. A plus forte raison ne faut-il pas accoler les tuyaux ou les orifices d'appel de cet air vicié aux appareils de chauffage, auprès desquels se rassemblent naturellement les malades d'un hôpital.

Enfin il est nécessaire d'éloigner assez les orifices d'appel des orifices d'arrivée de l'air nouveau et surtout de disposer ceux-ci de façon qu'il ne puisse pas s'établir de courants directs des seconds vers les premiers, ce qui rendrait à la fois illusoires le renouvellement et l'évacuation de l'air vicié.

Il est juste de dire que la plupart des bons constructeurs

ont senti la nécessité de produire l'appel de l'air directement aux lieux d'infection : dans les hôpitaux, derrière chaque lit ou de deux en deux lits ; dans quelques amphithéâtres, sous les gradins ; mais l'on voit encore dans des établissements nouvellement pourvus d'appareils de ventilation des dispositions vicieuses par lesquelles l'extraction n'est faite qu'en quelques points, dans les quatre angles des salles, quelquefois en deux points seulement. Nous avons indiqué déjà les inconvénients que présentent aussi les dispositions en usage dans les théâtres, à la préfecture de la Seine et ailleurs ; nous n'y reviendrons pas pour le moment.

Nous croyons donc pouvoir poser comme règle générale que les orifices d'évacuation de l'air vicié devront être :

1° Placés le plus près possible des points où l'air s'altère, et loin des points de passage ou de réunion ;

2° Aussi multipliés que la construction le permettra.

Lorsque enfin on sera parvenu à obtenir des architectes que les projets de bâtiments ne soient arrêtés qu'en même temps que ceux des appareils de chauffage et de ventilation, il ne sera pas difficile de satisfaire à ces conditions générales sans nuire en rien à la solidité et à l'harmonie des constructions, et sans occasionner des dépenses aussi considérables que celles que nécessitent des dispositions prises après l'érection des édifices.

59. *Indépendance et réunion des cheminées d'appel.* — L'établissement des cheminées ou conduits d'évacuation de l'air vicié doit satisfaire à d'autres conditions.

Il est indispensable que ces cheminées soient, jusqu'à une assez grande distance de leur origine, indépendantes les unes des autres aux divers étages, afin qu'il ne puisse s'établir aucune prédominance de l'une sur l'autre ; mais, ce qui est non moins important, il est nécessaire de les réunir plus loin, d'abord par groupes et ensuite toutes dans une seule et unique cheminée, afin de donner à l'ensemble des appels une énergie et une stabilité convenables.

On a négligé complétement ces précautions dans un des pavillons de l'hôpital Necker, à l'hospice du Vésinet, et les inconvénients en ont été constatés par assez d'observateurs pour qu'il ne soit pas possible de se refuser à les reconnaître. Les cheminées d'évacuation qui, dans ces établissements, débouchent dans le premier au-dessus des toits, dans le second à fleur du sol des greniers, n'exercent d'autre appel que celui qui provient de l'excès de la température intérieure des salles sur la température extérieure, appel faible, variable et très-souvent contrarié par les vents. Aussi, dans ces deux établissements, se produit-il souvent, par les grands vents d'automne et de printemps, des rentrées d'air très-gênantes, souvent très-froides et parfois infectées par de l'air vicié passant ainsi d'une salle à une autre.

Si la réunion de tous les conduits d'évacuation dans une seule cheminée générale est nécessaire pour parer aux irrégularités inévitables qui résultent des différences de leur développement ou de leur disposition, elle est indispensable lorsque l'évacuation de l'air vicié est déterminée dans des cheminées partielles par des appels d'intensité différente, ainsi que cela a lieu à l'hôpital militaire de Vincennes. Des essais préliminaires, faits en juin 1861, ont en effet montré que dans cet hôpital, où l'appel est déterminé d'un côté par l'échauffement de l'air produit par un tuyau à fumée, et de l'autre par une circulation d'air chaud qui est destinée à appeler par entraînement l'air intérieur, il y a parfois dans l'énergie de ces deux moyens une telle différence d'intensité, que le premier domine et annule le second, au point que l'air chaud, qui dans celui-ci doit produire l'évacuation, est lui-même appelé dans l'intérieur des salles et va gagner directement, en les traversant, la cheminée opposée où l'appel est déterminé par la chaleur du tuyau de fumée, qui est en général plus puissant que l'autre. Ces effets sont moins sensibles l'hiver, mais l'inégalité des deux appels existe encore dans cette saison.

Cette rentrée d'air chaud empêche tout à fait l'introduction

de l'air frais, qui ne pourrait monter des étages inférieurs que par l'action d'un appel suffisamment énergique, et dès lors il arrive que l'été, au lieu d'air frais, l'on fait rentrer dans les salles de l'air chaud à quarante et quelques degrés, et qu'en outre, par suite du défaut de séparation des cheminées d'évacuation des divers étages, l'air vicié du rez-de-chaussée arrive au premier et au second étages.

Il est également dangereux de réunir les conduits particuliers d'appel de plusieurs bouches inférieures en un seul, à une trop faible distance de leur origine, quand l'appel de celui-ci n'a pas une énergie suffisante. Il peut alors arriver que les conduits latéraux ne produisent aucune évacuation et qu'au contraire ils ne servent qu'à faire rentrer dans la salle une partie de l'air appelé par le tuyau principal. C'est ce qui s'est produit aussi à l'hôpital militaire de Vincennes en juin 1861. (Voir les résultats d'expériences.)

La réunion des conduits particuliers d'évacuation venant de chaque lit ou de chaque paire de lits doit d'ailleurs être faite de manière que tous les groupes de conduits indépendants, de même que leur ensemble, puissent toujours être visités et restent par conséquent visibles dans toute leur longueur, afin qu'il soit facile de s'assurer qu'ils ne contiennent aucun obstacle permanent ou accidentel à la rentrée de l'air et ne présentent aucune ouverture propre à favoriser la rentrée inutile de l'air extérieur aux dépens de l'évacuation. Il convient donc qu'autant que possible tous ces conduits soient verticaux et qu'on ménage des regards à chaque changement de direction.

Il faut enfin éviter le refroidissement de ces conduits, et à cet effet les placer à l'intérieur de greniers bien clos et plafonnés, et non dans les angles des longs pans de toitures plus ou moins ouvertes.

60. *Dispositions à donner aux cheminées générales d'évacuation.* — Mais il ne suffit pas que tous les conduits d'évacuation de l'air vicié soient réunis à leur débouché dans une

même cheminée générale, il faut encore que cette cheminée, par sa hauteur, par sa construction et par l'énergie de son appel, assure au mouvement de l'air une vitesse suffisante pour lui donner une stabilité que le vent de l'extérieur, ou l'influence de l'ouverture des portes ou des fenêtres à l'intérieur des salles, ne puisse contrarier.

Dans les pavillons de l'hôpital Lariboisière, ventilés par insufflation, la cheminée générale en tôle, sans garniture extérieure en maçonnerie, permet à l'air qui la traverse et qui sort des salles de se refroidir considérablement; tellement que la température dans les salles étant de 19°, elle n'est plus parfois que de 9° dans la cheminée, ce qui crée une résistance à l'évacuation. Le peu de hauteur qui a été donné à cette cheminée n'assure pas le tirage, et le vent extérieur diminue beaucoup le volume d'air qu'elle laisse évacuer, tandis qu'à l'inverse l'ouverture des portes et des fenêtres dans les salles détermine parfois des rentrées d'air considérables par un grand nombre des cheminées d'évacuation *.

D'une autre part, l'été, même pendant la nuit, l'évacuation par cette cheminée n'ayant lieu qu'en vertu de la différence alors très-faible entre la température intérieure des salles et la température extérieure, l'appel n'a pas une énergie suffisante pour assurer l'écoulement de la quantité d'air nécessaire à l'assainissement **.

Pour que l'appel soit toujours assez énergique, il faut que l'excès de la température intérieure de la cheminée sur celle de l'air extérieur soit susceptible de produire une vitesse de 0m,70 à 0m,80 dans les cheminées partielles, et de 2 à 3 mètres par seconde dans la cheminée générale, ce qui exige que dans les bâtiments de cet hôpital cette différence de température soit de 20 à 25° au moins. Or, comme il arrive le plus souvent que cette différence n'existe pas naturellement,

---

* Voy. les expériences de MM. Trélat et H. Péligot, chapitre IV.

** Voy. les expériences d'été sur ces pavillons, chapitre VI.

il faut l'obtenir par un moyen de chauffage artificiel, et, si cela était impossible, on serait réduit à employer un moyen mécanique pour faire l'appel.

Enfin l'on verra plus loin et l'on comprend de suite que le volume d'air évacué par les cheminées d'appel et par la cheminée générale est directement proportionnel à l'aire de leur section transversale, ce qui permet d'augmenter l'action naturelle due à la simple différence de température; mais il ne faut pas que cette augmentation de section soit telle que les vitesses d'écoulement descendent notablement au-dessous des limites que nous avons indiquées ci-dessus.

Les conditions auxquelles il faut satisfaire pour assurer l'extraction de l'air vicié des locaux à assainir se résument donc ainsi qu'il suit :

1° Placer les orifices d'évacuation ou d'appel le plus près possible des points où l'air s'altère;

2° Les multiplier autant que la construction le permettra, mais n'en restreindre jamais, sans absolue nécessité, le nombre à moins d'un pour deux lits dans un hôpital;

3° Les proportionner d'après le volume d'air à évacuer par chacun d'eux, de telle sorte que la vitesse y soit de $0^{m},80$ à 1 mètre au moins en une seconde;

4° Ne les réunir que par groupes pour les faire aboutir dans un conduit commun ou dans une cheminée générale d'évacuation bien au delà de leur sortie des salles, et les disposer de telle façon qu'ils soient toujours faciles à visiter et à nettoyer; les mettre à l'abri du refroidissement; à cet effet, clore les greniers ou les caves où ils devront déboucher, et dans le premier cas plafonner les greniers;

5° Donner à la cheminée générale d'évacuation toute la hauteur admissible, et disposer des moyens de chauffage tels qu'en tout temps l'air puisse y acquérir une température qui surpasse de 20 à 25° au moins celle de l'air extérieur; ce

qui suffira dans la plupart des cas où les conduits de circulation de l'air ne seront pas trop compliqués, ainsi qu'on le verra par des exemples;

6° Se réserver enfin pour les cas extraordinaires les moyens d'accroître le volume d'air évacué dans les proportions que peuvent réclamer les établissements particuliers dont on s'occupe, en élevant convenablement la température dans ces cheminées.

61. *Résumé.* — Nous nous bornerons pour le moment aux considérations générales qui précèdent, et nous nous réserverons d'examiner et de discuter plus tard au point de vue théorique et expérimental :

1° L'influence de la hauteur des cheminées et la disposition qu'il convient d'adopter pour leur établissement;

2° L'influence de la différence des températures sur les vitesses d'écoulement;

3° La nécessité de renfermer les vitesses de circulation dans les conduits dans certaines limites, pour diminuer les pertes de force vive et le travail consommé par les frottements, tout en se réservant le moyen de donner à la vitesse de sortie de l'air une valeur qui assure la stabilité de l'évacuation;

4° Les avantages que présente, au point de vue de la meilleure utilisation de la chaleur, l'emploi des basses températures, et qui sont constatés par l'expérience.



CHAPITRE III.

DU RENOUVELLEMENT ET DE LA RENTRÉE DE L'AIR DANS LES LIEUX HABITÉS.

62. *Conditions générales de la rentrée de l'air extérieur.* — Dans les habitations privées la rentrée de l'air se fait tout naturellement par les joints des portes et des fenêtres, ainsi que par leur ouverture momentanée, et, au lieu d'avoir à se préoccuper de l'assurer, l'on est, surtout en hiver, obligé de s'en garantir, de l'empêcher ou de la restreindre. L'action aspiratrice des cheminées étant d'ailleurs très-suffisante dans les cas ordinaires pour assurer l'évacuation de l'air vicié, toutes les conditions d'une ventilation convenable se trouvent à peu près remplies.

Mais dès qu'un nombre inaccoutumé de personnes sont réunies dans un même local, les circonstances changent, et quand on a, en suivant les préceptes généraux que nous avons indiqués précédemment, assuré l'évacuation de l'air vicié, il faut aussi songer à le remplacer par de l'air pur.

La nature y pourvoirait bien d'elle-même, dans une certaine proportion, car la diminution de la pression intérieure que produit l'aspiration, si faible qu'elle soit et tout insensible qu'elle reste à nos moyens de mesure, déterminerait des rentrées d'air équivalentes aux sorties; mais cette équivalence ne suffit pas; il faut encore que cet air nouveau afflue, sans être incommode, soit par sa température, soit par sa vitesse, qu'il se répartisse dans toute l'étendue des locaux à ventiler d'une manière suffisamment régulière, et sans pouvoir passer directement de l'orifice d'arrivée à l'orifice d'appel, ce qui ne conduirait nullement au but que l'on se propose d'atteindre.

Il faut donc, tout en utilisant l'action naturelle, recourir à l'art, pour assurer convenablement l'arrivée de l'air nouveau.

63. *Des moyens à employer*. Deux moyens principaux se présentent à l'esprit et ont été employés, l'un simple, indiqué par la nature elle-même, et conséquence logique de l'extraction : c'est l'introduction par appel, qui, presque toujours, peut suffire aux ventilations les plus abondantes; l'autre, plus compliqué, mais en apparence, infaillible et efficace : c'est l'emploi des appareils mécaniques, au premier rang desquels on place les ventilateurs, et plus particulièrement, depuis quelques années, ceux qui refoulent l'air.

J'ai déjà fait connaître mon opinion sur ce dernier procédé *. J'y reviendrai plus loin, lorsque je discuterai, à l'aide de nombreux résultats d'expériences, les avantages relatifs des divers systèmes employés. Pour le moment, je ne m'occuperai que de l'introduction de l'air par l'effet subsidiaire de l'aspiration qui a déterminé l'évacuation de l'air vicié.

64. *Rentrée de l'air par l'effet de l'appel.* — L'on sait que, quand deux vases ou deux réservoirs contenant un même liquide sont mis en communication par un orifice ou par un tuyau, si les niveaux sont à la même hauteur de part et d'autre, il ne se produit ni mouvement ni écoulement d'un réservoir dans l'autre. Mais dès que, par une circonstance quelconque, le niveau vient à baisser dans l'un des réservoirs, ou à s'élever dans l'autre, les pressions exercées sur les extrémités du tuyau ou sur l'orifice de communication, et qui sont dues au poids du liquide, cessant d'être égales, l'écoulement commence à partir du côté où la pression est la plus grande, vers celui où elle est la plus faible, et la théorie ainsi que l'expérience nous apprennent qu'à l'orifice d'échappement du liquide, la vitesse de sortie serait pour un orifice en mince paroi égale à celle qui correspondrait à la différence des hauteurs des niveaux au-dessus de cet orifice, différence qui est aussi la mesure des pressions exercées.

* Rapport sur les projets de chauffage et de ventilation des salles d'assises du Palais de Justice et *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, avril 1861.

Cette règle élémentaire est due, comme on le sait, à Torricelli, disciple de Galilée, et elle est exprimée par la formule connue :

$$V=\sqrt{2gH},$$

dans laquelle $2g=19^{m},62$ est le double de la vitesse communiquée aux graves par la pesanteur dans la première seconde de leur chute, et H la hauteur d'une colonne du liquide ou du fluide que l'on considère.

Il résulte aussi de cette règle que le volume Q du fluide qui s'écoule en 1″ par un orifice en mince paroi est exprimé par la relation :

$$Q=mA\sqrt{2gH},$$

dans laquelle A est l'aire de l'orifice exprimée en mètres carrés, et m le coefficient de la dépense relatif à l'orifice.

Lorsque, au lieu d'un orifice en mince paroi, il s'agit d'un orifice précédé ou suivi de longs conduits présentant des coudes, des étranglements, et d'autres causes qui tendent à ralentir le mouvement, la vitesse, et par suite, le volume d'air écoulé, doivent être réduits dans une proportion qui dépend des dispositions et que nous apprendrons plus loin à calculer. Pour le moment, nous supposerons que cette réduction soit exprimée par une fraction $\frac{1}{K}$ du produit précédent, et que le volume réellement écoulé soit alors représenté par l'expression :

$$Q=\frac{mA}{K}\sqrt{2gH}.$$

Lorsqu'il s'agit, comme c'est ici le cas, du mouvement de l'air atmosphérique, il importe de ne pas perdre de vue que H représente la hauteur d'une colonne d'air, à la densité de celui du réservoir, susceptible de produire, par unité de surface, une pression égale à la différence de celles qui existent d'un réservoir à l'autre. Nous reviendrons plus loin sur la manière de déterminer cette hauteur. Pour le moment, nous nous

contenterons de rappeler que, d'après cette expression fondamentale, le volume d'air qui passe en 1″ d'une capacité dans une autre est proportionnel :

1° A l'aire de l'orifice;

2° A la racine carrée de la hauteur d'une colonne d'air capable de produire, par son poids, une pression égale à la différence de celles qui ont lieu dans ces capacités.

3° A un facteur $\frac{m}{K}$ qui dépend de la contraction qui se produit à l'orifice et des divers obstacles que la conduite parcourue par le fluide présente à son mouvement.

Nous verrons plus tard comment, dans le cas qui nous occupe, la hauteur H est elle-même proportionnelle à la différence des températures qui existent dans les deux capacités, dont l'une est ici l'espace extérieur et indéfini occupé par l'air atmosphérique et l'autre la salle qu'il s'agit d'alimenter d'air pur. Bornons-nous à dire que si l'hiver cette différence de température est assez élevée pour que la vitesse acquière une valeur telle que, par un orifice d'une section donnée A, il s'écoule un volume d'air suffisant, et que si, dans les nuits d'été, il en est encore à peu près de même quand cet orifice est bien proportionné, il peut en être tout autrement à certains jours de l'été, où la différence des températures étant faible, le facteur $V=\sqrt{2gH}$ devient très-petit; mais qu'alors c'est en augmentant l'autre facteur A ou l'aire de l'orifice, ce qui est presque toujours facile, que l'on pourra élever le volume d'air introduit à la quantité voulue.

Ainsi les températures extérieures et intérieures étant données, pour peu que la seconde l'emporte sur la première, il sera presque toujours possible, par une proportion convenable des orifices d'admission de faire affluer dans un local donné, tel volume d'air qu'il sera jugé nécessaire, sans autre sujétion que l'ouverture d'orifices de grandeur et en nombre suffisants.

Il suit de là, que pour la plupart des cas et par de très-petites différences de températures, pourvu que l'on se ménage des orifices d'admission assez grands, il n'y aura aucune difficulté à faire entrer dans les salles à ventiler le volume d'air jugé nécessaire, sans que l'on soit obligé de recourir à l'intervention d'aucun appareil mécanique.

65. *Dispositions à prendre pour l'arrivée de l'air.* — Mais il y a néanmoins quelques précautions, quelques dispositions à prendre pour que l'arrivée de cet air pur ne soit jamais incommode et pour qu'il se répartisse convenablement dans les locaux à ventiler.

Et d'abord il convient d'éviter que cet air chaud ou froid, selon les saisons, afflue en nappes assez larges ou avec une vitesse assez grande pour causer une sensation désagréable. Il faut qu'en tout temps il se répande dans l'espace d'une manière aussi peu sensible que possible.

S'il s'agit de l'air chaud que, dans la saison d'hiver, bien des appareils fournissent à une température de 40° à 50° environ et même à 60° ou à 80°, il faut qu'il débouche à une hauteur supérieure aux organes de la respiration, ou du moins sans pouvoir les rencontrer. Sa légèreté spécifique le forcera à s'élever dans l'espace, dont il entretiendra la température au degré convenable, avant d'être entraîné dans le mouvement général de l'appel, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Mais lorsque, comme à l'hôpital Necker, à l'hospice du Vésinet et ailleurs, on s'écarte de cette disposition, si bien indiquée par les plus simples notions d'hygiène, il arrive que l'air chaud, qui débouche à hauteur du sol, environne, de bas en haut, les personnes qui sont près des orifices et les maintient ainsi dans un courant d'air à 40°, 50° et plus; cela est intolérable et donne lieu à des plaintes très-fondées, que nous avons recueillies à diverses reprises.

Je ferai connaitre plus loin, lorsque je parlerai des salles d'assemblée, les inconvénients analogues que présente la

disposition admise pour la salle du Sénat au Luxembourg, et au Parlement d'Angleterre.

Il y a d'ailleurs lieu de faire remarquer que l'air chaud qui afflue dans un local quelconque, tendant toujours à se diriger vers les parties supérieures du local, on ne changera rien à l'ordre naturel du phénomène en l'y conduisant immédiatement par des canaux convenables, et en évitant ainsi aux individus le désagrément qu'ils éprouvent de se trouver dans un semblable courant.

Dans le cas, au contraire, où l'air affluent doit être frais, il ne convient pas davantage de le faire entrer dans les salles par le sol ou en des points rapprochés des personnes qui se trouvent dans le local à ventiler. Il en résulterait d'abord, comme au Sénat, ainsi que l'ont signalé plusieurs auteurs, et MM. les officiers du génie militaire dans leurs expériences sur la ventilation des casernes, des courants d'air frais qui, même l'été, venant des parties inférieures de l'édifice, avec une température notablement plus basse que celle de l'intérieur, causeraient une sensation très-désagréable.

Aussi, je ne saurais admettre, avec M. Péclet *, que la meilleure disposition à adopter consiste, par exemple pour les amphithéâtres, à amener l'air au-dessous de l'amphithéâtre, à le distribuer uniformément par un très-grand nombre d'orifices, à le recueillir au sommet de la salle pour le conduire à une cheminée d'appel partant des combles, etc.

En proposant cette disposition, le savant physicien ne s'est pas assez préoccupé du désagrément qu'occasionne tout courant d'air frais ou chaud, arrivant sur les organes avec une différence de température un peu notable et avec une vitesse de $0^{m},40$ à $0^{m},50$ seulement. Cet effet est extrêmement sensible dans la salle des séances de l'Institut, où l'air nouveau afflue, en partie par une grille et par des orifices placés au niveau du sol, et en partie par des colonnes ouvertes à 2 mètres

* 3e édition, 3e volume, page 152, n° 2291.

ou $2^m,30$ au-dessus du sol. L'air vicié étant appelé aussi en partie à hauteur du sol et en partie par un orifice d'évacuation situé à 4 mètres ou $4^m,50$ au-dessus, il se produit dans la longueur de la salle un courant d'air qui fait incliner à 45^0 environ la flamme de la plupart des bougies, ce qui est l'indice d'une vitesse de $0^m,40$ à $0^m,50$ environ, et bien que ce courant d'air soit toujours à une température voisine de celle de la salle et n'en diffère en plus ou en moins que de deux à trois degrés, il rencontre la tête de presque tous les membres de l'Académie et leur cause une sensation fort peu agréable. Mais ceux d'entre eux qui sont placés le plus près des orifices d'arrivée à hauteur du sol sont encore plus particulièrement gênés par le courant d'air, dont ils ressentent l'impression dans les reins et dans les membres inférieurs. Nous verrons d'ailleurs plus loin d'autres exemples de ces inconvénients. Si, de plus, ainsi que cela doit avoir lieu pour utiliser la plus grande hauteur possible des conduits d'évacuation, les orifices de ces conduits sont ouverts près du sol; l'air frais qui arrive par des orifices placés au même niveau, comme cela est pratiqué à l'hôpital Necker, à l'asile du Vésinet et ailleurs, se dirige presque immédiatement vers les orifices d'appel sans se répandre dans les salles, et par conséquent sans profit pour la ventilation, soit au point de vue de l'admission de l'air au niveau, soit à celui de l'extraction de l'air vicié.

Sous tous les rapports, il ne semble donc pas convenable de faire arriver l'air nouveau par des orifices placés au niveau du sol, même quand il est chaud et à plus forte raison lorsqu'il est froid. Tel est aussi, comme on a pu le voir dans l'Introduction, l'avis de tous les savants ou ingénieurs anglais qui se sont occupés de la question.

Il y a plus, si, comme nous l'a montré l'observation du mouvement des ballons remplis de gaz hydrogène, l'air chaud, qui arrive par les poêles, s'élève avec une certaine vitesse vers le plafond, en vertu de sa légèreté spécifique, bien plutôt que par l'effet de la vitesse avec laquelle il débouche,

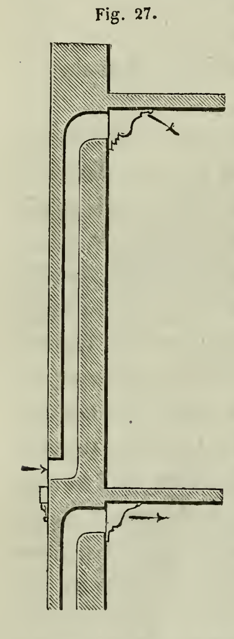
et si en suite cet air, après avoir circulé et remplacé l'air vicié, vient gagner à son tour les orifices d'évacuation placés au niveau du sol, ce qui constitue un renouvellement régulier de l'air, les choses ne se passent pas tout à fait de même ou d'une manière aussi complète quand les poêles cessant d'être chauffés, l'air froid qui afflue par leurs tuyaux intérieurs n'a plus ni la même vitesse ni la même densité que dans le cas précédent.

La différence est surtout sensible avec les appareils de ventilation par appel. Alors une partie de cet air, plus froid et par conséquent plus lourd que celui de la salle, peut, après avoir perdu sa vitesse verticale d'arrivée et avant de s'être échauffée, s'abaisser vers le sol et gagner directement les orifices d'appel sans produire une circulation ou un renouvellement suffisant de l'air. Cet effet a été signalé par M. Grassi, qui, je crois, s'en est un peu exagéré les conséquences. Je l'ai observé moi-même, sans pouvoir le constater par aucune mesure, en juillet (1861), en me plaçant entre l'un des poêles du pavillon n° 3 de l'hôpital Lariboisière et l'un des orifices d'appel correspondants. L'air, relativement frais, qui affluait par ces poêles dans la salle se dirigeait à partir de la hauteur de 1^{m},50 à 1^{m},60 au-dessus du sol vers ces orifices d'appel.

C'est donc surtout pour la ventilation d'été qu'il convient de tenir compte de ces circonstances, mais il n'y a point de difficulté à faire affluer, même en toute saison, l'air nouveau, chaud ou froid assez haut dans les locaux à ventiler pour qu'après son débouché il soit toujours, avant de gagner les orifices d'appel, obligé de circuler dans toute l'étendue du local, en y opérant ainsi un véritable et complet renouvellement de l'air. Ainsi, par exemple, pour la ventilation de nuit pendant l'été, si, comme cela doit arriver dans les cas où la ventilation se fait par aspiration, le volume d'air nouveau affluent la nuit par les poêles seuls, qui n'auraient été proportionnés à tort que pour le chauffage et la ventilation d'hiver, était trouvé insuffisant, rien

ne serait plus facile que de ménager dans les trumeaux des conduits d'introduction de l'air, ayant leur ouverture extérieure d'admission à hauteur du plancher et leur orifice de débouché dans les salles près du plafond. En ayant en outre l'attention de garnir ces orifices de grillages assez grands, mais à petites mailles, ou mieux encore en les faisant déboucher dans une corniche creuse n'offrant à sa partie supérieure qu'une longue ouverture très-étroite, on pourrait introduire la nappe d'air affluente sous la forme de filets très-minces et l'on assurerait ainsi, sans dépense, la rentrée d'un volume d'air aussi grand qu'on le voudrait.

Fig. 27.



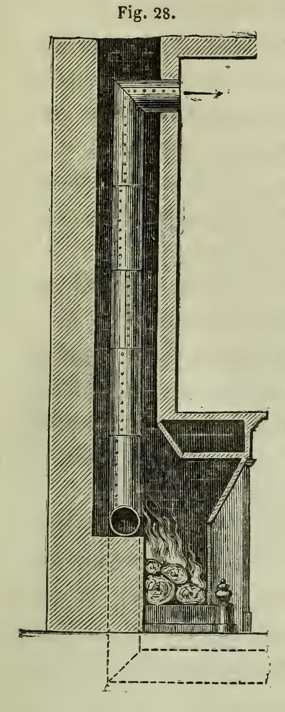
Cet air, débouchant dans toute l'étendue de la salle par des orifices très-étroits, mais d'un grand développement, s'abaisserait graduellement vers les orifices inférieurs d'appel, entraînant avec lui l'air vicié, léger ou lourd, qu'il rencontrerait dans sa marche.

La division du courant d'air affluent à hauteur du plafond en lames minces et étroites est indispensable pour empêcher son arrivée en nappes trop considérables dans certaines parties des appartements et surtout vers les cheminées et autres orifices d'appel. Aussi doit-on éviter d'employer une disposition analogue à celle qui est indiquée (n° 2168) pour les cheminées par M. Péclet, et qui est représentée dans la figure (26), parce que l'arrivée d'air extérieur y est trop voisin de la cheminée.

Une cheminée ainsi aérée existait il y a quelques années dans le salon de la direction du Conservatoire, et, quand on était devant la cheminée, l'on éprouvait la sensation fort désagréable d'un courant d'air froid venant du plafond et se dirigeant vers le foyer. Si le débouché supérieur de l'air

affluent avait été plus étendu, plus étroit et surtout plus éloigné du foyer, l'inconvénient aurait été beaucoup moins sensible.

Fig. 28.



On a vu dans l'Introduction que la Commission anglaise chargée d'étudier les moyens d'améliorer l'état des casernes a adopté une disposition analogue à celle que je viens d'indiquer. Elle a même poussé la précaution plus loin en ne ménageant les orifices d'accès de l'air qu'au-dessus de la corniche, en dessous du plafond, à travers des trous percés dans des plaques de zinc qui recouvrent cette corniche de manière que l'air afflue en filets minces dirigés de bas en haut et perpendiculairement au plafond, contre lequel ils perdent leur vitesse.

Les Anglais font aussi usage, dans beaucoup de cas, d'une disposition analogue, mais moins efficace, et qui consiste dans l'emploi de petites persiennes mobiles disposées devant des orifices d'accès de l'air ménagés dans la partie supérieure et simplement pratiqués dans les murs.

Ces orifices, de même que ceux qui ont été adoptés pour les casernes d'Angleterre, peuvent en effet fournir de l'air nouveau en quantité suffisante quand l'appel de l'évacuation est assez énergique, ainsi que cela arrive ordinairement dans la saison froide, où l'on a recours au chauffage. Mais lorsque la température est plus douce, l'appel diminue, l'air intérieur des salles et celui des cheminées peut devenir aussi et même plus froid que l'air extérieur, et alors les mouvements d'entrée et d'évacuation se produisent parfois en sens contraire.

C'est pour mettre obstacle à cette inversion que je crois utile de faire arriver l'air aux orifices ménagés près du plafond par une portion de conduit vertical d'une certaine hauteur. Quand on ne pourra pas le pratiquer dans les trumeaux, on se contentera de l'ouvrir dans la partie extérieure du bandeau ou de la plate-bande des fenêtres, ce qui permettra d'en masquer la vue de l'extérieur.

Fig. 29.

Un dispositif, du genre de celui que nous avons décrit ci-dessus, est en ce moment en cours d'essai dans le nouvel hôpital militaire de Vincennes, dont les travaux sont confiés à M. le commandant du génie Benoît, qui a bien voulu l'y appliquer sur ma proposition.

En attendant que des expériences aient fait connaître le résultats obtenus avec ce dispositif dans cet hôpital, je puis citer ceux qui ont été observés sur une installation analogue dans un local dépendant du Conservatoire des arts et métiers en janvier 1860.

Deux tuyaux d'introduction, présentant ensemble une section de $0^{m.q},097$ et disposés d'une manière analogue à ce qui vient d'être indiqué, ont permis de faire affluer, dans une salle dont la température était de 23^{0}, jusqu'à 252 mètres cubes d'air frais, à 6^{0} par heure, ce qui revient à près de 2600 mètres cubes d'air introduit par heure et par mètre carré de surface de passage.

Or, dans des pavillons comme ceux de l'hôpital Lariboisière, dont les salles ont 39 mètres de long et par conséquent 78 mètres de murs de façade, rien ne serait plus facile que d'ouvrir dans tous les trumeaux des conduits de $0^{m},30$ sur $0^{m},20$, offrant ensemble 1 mètre carré de superficie et même plus, et si l'on obtenait par ces conduits l'introduction de 2600 mètres cubes d'air par heure dans chaque salle conte-

nant 32 lits, ces orifices seuls fourniraient $\frac{2600}{32} = 81$ mètres cubes d'air nouveau par heure et par lit, sans aucune dépense.

Cette introduction, qui ne serait due qu'à l'action de l'appel et à la différence des températures pourrait, il est vrai, varier beaucoup selon les saisons; mais en maintenant à l'appel en tout temps la même énergie, comme on verra plus loin que cela est facile, on pourrait cependant la régulariser suffisamment

Quoi qu'il en soit, on sent qu'il y a dans le dispositif que nous venons d'indiquer un moyen auxiliaire qui, d'après les observations faites en Angleterre et les expériences directes de M. le commandant Benoît, peut être d'une grande utilité pour la ventilation d'été.

On voit donc qu'il est possible de proportionner les appareils de ventilation par appel, de manière à obtenir, pour ainsi dire, en tout temps, non-seulement l'évacuation, mais encore l'introduction des volumes d'air nécessaires, et que si ceux qui existent ne satisfont pas à cette condition, cela ne tient nullement au principe sur lequel ils sont fondés, mais simplement à un défaut de proportions.

66. *Insuffisance des proportions adoptées par les constructeurs.* — A ce sujet, nous ferons remarquer qu'en général et même l'hiver, dans les appareils de ventilation par aspiration les mieux construits jusqu'ici, la différence de température entre l'air extérieur et celui qui doit affluer dans les salles est souvent très-faible et toujours notablement inférieure à celle que l'on peut établir entre l'air qui sort de la cheminée générale d'évacuation et l'air extérieur. Et comme la vitesse d'écoulement de l'air est proportionnelle à la racine carrée de cette différence de température, il s'ensuit, comme le prouve du reste l'observation, que les vitesses d'introduction de l'air dans les salles sont alors très-inférieures aux vitesses d'évacuation par les cheminées d'appel, et surtout à celles

qui s'établissent dans la cheminée générale. Ainsi, à l'hôpital Lariboisière, dans les pavillons ventilés par aspiration dans les circonstances favorables où nous avons opéré pendant l'hiver de 1860, la vitesse d'introduction de l'air par les poêles dans les salles étant de $0^m,72$ à $1^m,15$ et suffisante pour assurer l'arrivée de $62^{m.c},58$ d'air par heure et par lit, la vitesse dans la cheminée générale d'évacuation était de $1^m,24$ à $1^m,39$ *.

Dans une autre expérience faite le 2 août 1861, à quatre heures et demie du matin, à l'hôpital Lariboisière, au pavillon n° 3, ventilé par appel, la température extérieure au rez-de-chaussée était de 18°, celle des salles était de 25°,45, et celle de la cheminée de 28 à 30° seulement, ce qui provenait de négligence de la part du chauffeur et de l'absence d'un contrôle efficace. Malgré ce faible échauffement de la cheminée d'appel, la vitesse moyenne y était de $0^m,771$, et le volume d'air vicié évacué par heure de 6548 mètres cubes ou de $68^{m.c},2$ par lit et par heure. Mais la vitesse d'arrivée de l'air par les poêles n'était que de $0^m,393$ en 1″ sur l'un des poêles observés ; sur un autre, elle était insensible ; ce qui devait encore tenir à l'absence de surveillance ou d'entretien des conduits.

Si donc on voulait qu'il arrivât par les poêles un volume d'air égal à celui que l'on veut extraire par les cheminées, il faudrait que les sections de passage par chacune de ces deux séries de conduits fussent en raison inverse des vitesses que les différences de température peuvent engendrer. Ces différences étant très-variables, même pendant la saison du chauffage, il serait indispensable de se réserver les moyens de faire aussi varier les passages en conséquence. C'est ce que les constructeurs font quelquefois en employant des ventelles, plus ou moins mobiles, qui, lorsqu'il fait froid et que par conséquent la vitesse de passage est plus grande, peuvent

* Voy. chapitre VI.

être en partie fermées pour augmenter l'échauffement de l'air, et que l'on ouvre, au contraire, quand le temps est plus doux pour obtenir, avec une moindre vitesse, à peu près le même volume d'air.

Mais si ces variations d'effet peuvent être praticables pendant la saison du chauffage, il n'en est plus de même l'été, et il faut pour cette saison se ménager d'autres orifices d'admission de l'air.

Il convient d'ailleurs de dire que ce n'est pas par défaut de réflexion ou de connaissance des circonstances qu'on vient de signaler que les constructeurs ont adopté des proportions qui ne permettent pas l'arrivée par les poêles d'un volume d'air égal à celui qui est évacué. Leurs observations les avaient amenés à constater ce fait général d'expérience que dans le système de l'appel, avec les proportions qu'ils avaient adoptées, le volume d'air admis par les poêles, était moyennement les deux tiers, et parfois seulement la moitié de celui de l'air extrait des salles, et comme on ne leur demandait que d'extraire un volume correspondant à 60 mètres cubes par heure et par lit, ils se contentaient d'assurer la température voulue et en temps ordinaire l'admission de 40 à 50 mètres cubes d'air nouveau, certains alors de satisfaire à ce qui leur était demandé pour l'extraction.

67. *Inconvénients des prises d'air communes à plusieurs étages. Dispositions à prendre.* — Lorsque plusieurs étages superposés, ou même plusieurs salles à un même étage, doivent être alimentés d'air par un conduit unique, il importe de diviser ce conduit par des languettes en autant de conduits partiels qu'il y a de locaux ou d'étages. Sans cela, il peut arriver fréquemment que, par suite d'inégalités permanentes ou accidentelles de l'appel, la répartition de l'air se fasse d'une manière toute différente de celle que l'on se propose d'obtenir.

Un exemple remarquable de l'utilité de la division en plusieurs conduits des cheminées qui doivent recevoir ou

débiter de l'air par des ouvertures distinctes, surtout quand ces ouvertures sont placées à des hauteurs différentes, a été fourni par la répartition de l'air aux divers étages d'un bâtiment de l'hôpital militaire de Vincennes ventilé dans le système d'appel par en bas.

Dans ce pavillon, l'air nouveau s'élève par aspiration dans des cheminées ou gaînes verticales ménagées dans les murs de refend, et qui en laissent à chaque étage pénétrer une partie dans des carneaux horizontaux ménagés sous les planchers.

Ces cheminées n'étaient pas suffisamment subdivisées par des languettes, et la répartition de l'air ne se faisait que par l'appel exercé de l'intérieur des salles; aussi présentait-t-elle les plus grandes différences d'un étage à l'autre. Ainsi, d'après des expériences faites en avril 1860, le volume d'air qui arrivait par heure et par lit était :

Au 1er étage...........	14m.c
Au 2e étage...........	219
Aux combles...........	165.

Si ces cheminées avaient été subdivisées en autant de canaux distincts qu'il y a d'étages, et si chacun de ces canaux avait été muni dans le bas d'un registre ou d'une ventelle particulière, il eût été facile d'en régler le débit d'une manière convenable. — Depuis l'on a disposé des registres qui répartissent l'air plus également, mais en occasionnant des pertes de vitesse, par suite des rétrécissements qu'ils produisent dans les passages.

68. *Conséquences de ce qui précède.* — Il résulte de ce qui précède que les moyens de faire entrer dans les locaux à ventiler les quantités d'air jugées nécessaires par le seul emploi des ressources que nous fournissent la nature et les lois auxquelles elle a soumis les mouvements des fluides sont nombreux et d'une application aussi simple qu'assurée. Il n'y

a de limites à leurs effets que celles que l'économie et les besoins peuvent indiquer.

69. *De l'utilité des chambres de mélange de l'air.* — Mais s'il est assez facile d'assurer l'entrée de l'air nouveau en volume suffisant, et même à une vitesse qui ne soit pas gênante, il n'en est pas de même quant au règlement de la température à laquelle il doit affluer, selon les saisons.

L'été il est assez difficile de se procurer de l'air relativement frais, et les prises d'air en communication avec des caves ou des galeries souterraines ne sont pas toujours sans inconvénients; mais c'est surtout l'hiver que les variations fréquentes et considérables de température exigent des dispositions particulières.

S'il est vrai que l'air froid arrivant par des orifices assez nombreux, avec une faible vitesse, vers ou à travers le plafond d'une salle ventilée à la partie inférieure par aspiration tende à descendre assez lentement vers les orifices d'appel, il peut arriver cependant que ce courant descendant d'air froid soit fort désagréable. C'est ce qui a lieu malheureusement presque toujours dans les amphithéâtres, tels qu'ils sont aujourd'hui disposés, ainsi que je le dirai en parlant de ces locaux.

Si, pour diminuer l'inconvénient, on restreignait les orifices d'arrivée de l'air, sans diminuer l'énergie de l'appel, la vitesse d'entrée augmenterait et le désagrément serait encore plus grand pour la partie du public la plus voisine de ces orifices. C'est l'effet que produisent les ouvertures beaucoup trop restreintes de certains amphithéâtres, de la salle des séances de l'Institut, des salons de l'Hôtel de Ville, et presque tous les couloirs des théâtres, etc., etc.

Il faut donc à la fois offrir à l'air de grandes superficies de passage et en même temps se ménager des moyens de modérer, de régler la température de cet air affluent, de manière que la différence de sa température et de celle de

la salle qu'il doit régler ne soit pas assez sensible pour gêner.

Le moyen le plus sûr, c'est de mêler cet air nouveau et l'air chaud avant leur arrivée dans la salle, en les introduisant dans une chambre de mélange assez spacieuse et munie d'appareils convenables pour proportionner le mélange selon les températures. C'est le dispositif qui a été adopté dans la rédaction du programme des projets de chauffage et de ventilation des nouveaux théâtres de la place du Châtelet, et que nous venons d'appliquer avec succès au petit amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers.

L'usage de ces chambres de mélange d'air, qui doivent d'ailleurs être spacieuses, s'applique à tous les modes de chauffage de l'air, mais plus spécialement à l'emploi des calorifères à air chaud, dont il diminuerait beaucoup les inconvénients, en donnant la facilité de régler la température de l'air affluent, tout en n'employant que des appareils de proportions modérées. Il est clair d'ailleurs que ces chambres devront être disposées de manière que l'air froid, directement appelé de l'extérieur, et l'air chaud fourni par le calorifère, soient obligés par des chicanes convenablement disposées de ne sortir qu'après un mélange complet qui assure l'uniformité de température, et que des registres ou ventelles d'une manœuvre facile seront établis en des points d'un accès commode pour permettre de varier les aires des passages selon les besoins.

70. *De la température convenable aux lieux habités.* — Des observations récentes et déjà assez multipliées m'ont amené à reconnaître que la température convenable soit pour les appartements particuliers, soit pour les lieux de réunion, dépend de plusieurs circonstances très-diverses, dont il est nécessaire de tenir compte.

En première ligne est le tempérament des individus qui, selon qu'ils sont plus ou moins sanguins, exigent des températures plus basses ou plus élevées. Mais cette circonstance

ne peut être prise en considération que pour les appartements privés, attendu que pour les lieux de réunion l'on ne peut se régler que sur des données moyennes.

Le mode de chauffage adopté et les conséquences qui en résultent pour la ventilation ont une influence beaucoup plus considérable. Ainsi, dans un appartement chauffé par une cheminée qui produit un renouvellement d'air d'autant plus grand que le feu est plus actif, on peut supporter sans en être incommodé, et il convient d'entretenir une température notablement plus élevée que dans des pièces chauffées par des poêles ou par des calorifères, de quelque genre qu'ils soient, s'ils ne sont pas accompagnés d'appareils de ventilation. Lorsqu'au contraire à ces derniers appareils sont joints des moyens énergiques d'extraction et de renouvellement d'air, il convient de maintenir une température plus élevée. On supporte alors facilement et l'on trouve même généralement agréables des températures de 20 à 22°.

71. *Disposition à employer pour le mélange de l'air chaud et de l'air froid.* — A ce sujet je crois utile d'indiquer une disposition très-simple qui assure à peu près complétement le mélange de l'air chaud et de l'air froid dans les chambres et surtout dans les conduits. Il consiste à obliger l'air chaud à affluer à peu près parallèlement au courant d'air froid au moyen de languettes en métal ou en maçonnerie, en ayant soin que celui de l'air chaud soit en dessous jusqu'à l'extrémité de ces languettes. Plus loin, l'air chaud, plus léger, se mêlera nécessairement à l'air froid en s'élevant, et le courant commun aura une température moyenne, que l'on pourra d'ailleurs faire varier en proportionnant selon les besoins les volumes affluents d'air chaud ou d'air froid à l'aide de registres faciles à manœuvrer.

Ce dispositif, appliqué au Conservatoire des arts et métiers, y a fort bien réussi.

72. *Disposition adoptée pour les chambres de casernes en An-*

gleterre. — Si l'établissement de chambres de mélange de l'air froid et de l'air chaud est praticable, lorsqu'il s'agit d'un système complet de chauffage et de ventilation pour de grands édifices ou des salles d'assemblées nombreuses, il serait souvent à peu près inapplicable, ou du moins d'une installation difficile et dispendieuse, pour des bâtiments composés de pièces séparées, occupés par un petit nombre d'hommes, telles que des chambres de caserne.

La commission anglaise, dont j'ai analysé le remarquable rapport, a adopté pour modérer la température moyenne des chambres de caserne, une autre disposition d'un effet peut-être moins certain, mais d'une installation plus économique.

En arrière de la cheminée à feu nu, dont il ne paraît pas possible en Angleterre de supprimer l'usage, elle a fait établir, comme on l'a vu au n° 39 de l'Introduction, une sorte de petite chambre dans laquelle une certaine quantité d'air appelé de l'extérieur vient s'échauffer, et d'où il passe dans un conduit qui l'amène vers le plafond. Chaque chambre est ainsi alimentée d'air neuf pendant l'hiver : 1° par deux orifices d'air froid venant directement de l'extérieur; 2° par un orifice fournissant de l'air chaud passant derrière le foyer. Ces affluences d'air à des températures différentes arrivant au plafond, se mêlent-elles assez exactement en se dirigeant vers la cheminée et en se répandant dans les chambres pour que les hommes n'éprouvent nulle part des courants désagréables? Je ne le sais et n'oserais l'assurer. Cependant les mouvements d'involution qui se produisent dans des cas pareils peuvent peut-être jusqu'à un certain point atténuer au moins d'une manière suffisante l'effet des courants d'air. Quoi qu'il en soit, cette disposition simple dans laquelle on peut d'ailleurs modérer et restreindre selon les circonstances les orifices d'admission, mérite d'être essayée. Il me semblerait cependant préférable de réunir, comme je l'ai indiqué plus haut, les deux volumes d'air en un seul courant dont on assurerait le mélange.

73. *Prise d'air nouveau à la hauteur convenable.* — Il convient de faire remarquer que c'est fort à tort que l'on a attribué aux seuls appareils mécaniques la faculté de prendre l'air nouveau à faire parvenir dans les salles que l'on veut ventiler, à des hauteurs plus ou moins grandes dans l'atmosphère. Le raisonnement élémentaire à l'aide duquel on met en évidence l'influence de la hauteur des cheminées sur le tirage qu'elles peuvent exercer, aurait dû préserver des ingénieurs habiles et un auteur versé dans la matière comme M. Péclet, de cette exagération *, car ce raisonnement prouve immédiatement que ce tirage même suffit pour faire descendre l'air vers les points où il est appelé.

Aussi dans les expériences que nous avons publiées dans le quatrième numéro des *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, avons-nous constaté qu'à l'hôpital Lariboisière, ainsi qu'à l'hospice du Vésinet, l'air nouveau destiné aux salles descendait par les cheminées d'alimentation, à très-peu près aussi bien quand le ventilateur était arrêté et que l'action seule de l'aspiration déterminait son mouvement, que quand l'appareil mécanique fonctionnait.

Il y a plus, c'est que dans le système de l'aspiration, les dispositions à prendre pour faire arriver à l'intérieur l'air pris à telle hauteur que l'on voudra, sont beaucoup plus simples, plus sûres, quant à la pureté, et plus économiques que dans tout autre.

En effet, dans le système de l'insufflation mécanique on fait descendre l'air nouveau, pris à une certaine hauteur dans l'atmosphère, vers les parties inférieures des bâtiments, où se trouvent placés les ventilateurs. Arrivé dans les chambres plus ou moins propres et salubres, près ou dans l'intérieur desquelles ces appareils sont installés, avec leurs machines motrices et qui communiquent au moins accidentellement, quoi qu'on fasse, avec les caves voisines, cet air,

* 3e volume, n° 2535.

qui s'est mélangé dans des proportions parfois considérables avec de l'air venu de ces caves, passe par les ventilateurs, par leurs conduits souvent très-longs et très-compliqués, et parvient dans les salles à ventiler, après avoir éprouvé des pertes de force vive ou de travail moteur considérables et presque toujours après s'être échauffé de plusieurs degrés, comme nous le ferons voir tout à l'heure. A l'inverse, dans le système de l'aspiration, l'air nouveau peut arriver directement non-seulement à chaque étage, mais même à chaque poêle, à chaque orifice d'introduction, en parcourant seulement la demi-largeur des salles ou à peu près, ou dans d'autres dispositions leur hauteur. Si l'on tient à puiser l'air dans l'atmosphère à une certaine hauteur au-dessus du sol, il suffit, pour le rez-de-chaussée, de mettre l'orifice donné en communication avec un tuyau vertical qu'il convient d'isoler des murs, et de mettre autant que possible à l'abri de l'action solaire. Pour le premier étage on pourrait faire de même, quoique cela semble déjà inutile; et quant au second étage, des ouvertures directes donneront la solution demandée.

74. *Exemple de prises d'air supérieures par voie d'appel.* — Le système de ventilation adopté pour l'hôpital de Guy, à Londres, dont j'ai, dans l'Introduction, fait connaître les dispositions générales ainsi que les résultats, offre un exemple remarquable d'une prise d'air faite par une tour ou cheminée spéciale, à 29 mètres de hauteur au-dessus du sol, par le seul effet de l'appel produit au moyen d'un appareil de chauffage à l'eau chaude.

Mais on sait aussi que, depuis longues années, de vastes exploitations houillères sont ventilées au moyen d'une introduction d'air extérieur qui, par l'action de l'appel exercé par un foyer établi près du fond de la mine, descend par un puits à de grandes profondeurs, parcourt d'immenses et sinueuses galeries, et ressort par un autre puits, chargé des gaz délétères. Nous citerons ici quelques applications particulières de ce système.

75. *Extraits du mémoire de M. Glépin, ingénieur civil, sur les mines du grand Hornu (département du Nord). — Puits n° 10.* — « Le courant d'air extérieur, après être descendu jusqu'à la profondeur de 180 mètres par le puits aux échelles attenant au puits d'extraction, se divise en deux branches. La première, à cette profondeur, parcourt environ 300 mètres de galeries étroites et irrégulières et vient déboucher par la fosse des échelles jusqu'à la profondeur de 193 mètres. La seconde branche continue à descendre aussi par la fosse aux échelles jusqu'à la profondeur de 193 mètres, circule dans plusieurs galeries, irrégulières et éboulées en partie, présentant un développement total de 270 mètres, et vient ensuite également déboucher dans le puits d'extraction, à la profondeur de 196 mètres. Enfin un second courant, descendu par le puits n° 9 jusqu'à la profondeur de 250 mètres, vient aussi déboucher dans le puits n° 10, à la profondeur de 196 mètres, après avoir parcouru environ 620 mètres de galeries irrégulières et éboulées. »

Ainsi, dans cette partie des travaux, l'air, par le seul effet de l'appel que produit un foyer placé à 196 mètres de profondeur, descend par un puits, circule dans des galeries plus ou moins tortueuses, irrégulières et obstruées, sur des longueurs de 300 mètres, de 270 mètres et de 620 mètres, arrive à des profondeurs de 250 mètres, et remplace l'air vicié dont le foyer détermine l'ascension.

A la fosse n° 3 du grand Buisson, à Hornu, un foyer analogue au précédent ne produit qu'une élévation de température moyenne de 14°,5 entre l'air qui est évacué et celui qui vient des galeries inférieures, et le volume d'air évacué en 1″ est de $6^{m.c},484$ par le puits dont la section est de $15^{m\,q},24$, ce qui correspond à une vitesse moyenne de $0^{m},432$ en 1″.

Le 4 février 1842, la température de l'air extérieur étant de 2° et celle de l'air extrait de 30°, on a observé les résultats précédents et la formule théorique * qui donne la vitesse qui

* Voy. au chapitre IV.

peut être produite par cette différence des températures, abstraction faite des pertes de force vive et des résistances, étant, comme on le verra plus loin,

$$U = \sqrt{\frac{2ga(t-T)H}{1+aT}}$$

elle donne, en y faisant $t=30^0$, $T=2^0$, $2g=19^m,62$,

$$a=0,003665, \ H=184 \text{ mètres}$$

$$U=19^m,40.$$

L'observation n'ayant donné que $U=0^m,432$, on voit que les pertes de force vive et les résistances passives dans ces travaux réduisent la vitesse que produirait la chaleur communiquée à l'air à $\frac{1}{45}$ environ.

Mais il faut remarquer que sur les 30^0 de chaleur de l'air évacué $15^0,5$ lui sont communiqués par la chaleur du sol intérieur, puisque cet air, entré à 2^0, arrive sous le foyer à $15^0,5$. Celui-ci n'élève donc la température de l'air que de $14^0,5$ en l'amenant de $15^0,5$ à 30^0.

Il n'est pas inutile aussi d'observer que l'air extérieur descendant dans le puits avait un volume correspondant à la température de 2^0, égal à

$$6^{m.c},484 \times \frac{1^{kil},169}{1^{kil},285} = 5^{m.c},90$$

et que ce puits de 184 mètres de profondeur n'avait que 5 mètres carrés de section, ce qui correspond à une vitesse de $1^m,18$ par seconde.

Ces exemples d'une ventilation directe et immédiate des mines, par l'action seule de la chaleur développée par le combustible, nous permettent d'apprécier approximativement l'effet utile du combustible employé ainsi à la fosse n° 3.

76. *Utilisation de la chaleur dans ces mines.* — La consommation de charbon pour la ventilation par appel, dans laquelle le courant se bifurquait et parcourait des galeries

rétrécies à 1$^{m.c}$,44 de section, et parfois très-irrégulières, de 1300 à 1400 mètres de développement, était de 700 kil. de houille par 24 heures, ou de 29^{kil},16 par heure. Le volume d'air évacué étant de 23346 mètres cubes et ayant reçu du foyer un accroissement de température de 14°,5, le nombre d'unités de chaleur qui lui a été communiqué, abstraction faite de la perte par les parois de ce puits, a été égal à

$$23346^{m.c} \times 1^{kil},169 \times 14^{0},5 \times 0,237 = 93258 \text{ calories.}$$

Par conséquent, le nombre de calories utilisées par kilogramme de charbon brûlé a été dans ce cas égal à

$$\frac{93253}{29,16} = 3219 \text{ calories.}$$

A la fosse n° 2 du grand Buisson, le volume d'air extrait par seconde est de 5$^{m.c}$,32, ou 19152 mètres cubes par heure, à 33°. L'air intérieur étant à 13°,25, l'augmentation de température est de 19°,75, et le nombre de calories transmises à cet air est

$$19152^{m.c} \times 1^{kil},157 \times 19^{0},75 \times 0,237 = 103769.$$

La consommation de charbon est de 560 kil. par 24 heures, ou 23^{kil},33 par heure; pour chaque kilogramme de charbon brûlé, on a donc utilisé

$$\frac{103769}{23,33} = 4445 \text{ calories.}$$

Les deux exemples que nous venons de citer sont relatifs à des puits secs, ce qui diminue beaucoup le refroidissement éprouvé par l'air évacué dans sa longue circulation, et l'on voit que, dans ces circonstances, on utilise plus de la moitié de la quantité de chaleur développée par la houille brûlée.

Je ferai voir plus loin que pour des cheminées ordinaires l'utilisation directe de la chaleur est bien plus considérable.

Ces exemples remarquables suffisent, sans doute, pour

mettre en évidence la puissance de l'aspiration, pour faire arriver l'air nouveau aux points où il est nécessaire, en le faisant descendre de très-grandes hauteurs, et montrent que, pour produire de semblables effets, il n'est nullement nécessaire de recourir à des appareils mécaniques.

77. *Température de l'air à différentes hauteurs.* — On a singulièrement exagéré d'ailleurs les avantages que l'on attribue à la prise de l'air nouveau à une certaine hauteur au-dessus du sol, et, outre celui d'être exempt des émanations qui, dans les lieux habités, et en particulier dans les hôpitaux, peuvent se produire à la surface du sol et dans les caves, on a admis qu'à 15 ou 20 mètres au-dessus du sol l'air était non-seulement plus pur, mais plus frais.

M. Péclet * s'exprime en effet dans les termes suivants : « Il me reste à mentionner un autre avantage de l'idée de prendre l'air à une grande hauteur dans l'atmosphère : c'est d'obtenir pendant les chaleurs de l'air de ventilation à une température sensiblement inférieure à celle des salles à assainir, à celle des cours ou des locaux qui les environnent. » Et, plus loin, il ajoute : « On a observé, à Lariboisière, qu'en été la différence de température entre l'air pris au clocher et celle de l'air ambiant à l'ombre était d'au moins 4°; qu'à de certains moments, elle a dépassé notablement ce dernier chiffre ; enfin, que la température des salles ventilées par insufflation était inférieure en été d'à peu près un même nombre de degrés à celle des autres salles qui étaient ventilées par appel, etc. »

On se demande comment un physicien aussi instruit que M. Péclet a pu admettre de pareilles assertions, contraires à ce que savent tous ceux qui se sont occupés de météorologie.

M. Becquerel **, dans une communication toute récente

* Traité de la chaleur, 3e édition, livre XV, n° 2536, page 275.
** Séance du 16 février 1862 à l'Académie des sciences.

sur cette question qui intéresse à un haut degré l'agriculture, s'exprime en effet dans ces termes :

« On sait depuis longtemps qu'en s'élevant au-dessus du sol, la température de l'air diminue suivant une loi qui varie avec la latitude et diverses circonstances locales. On admet en moyenne un abaissement de 1° par 180 mètres.

« Cette diminution ne se manifeste toutefois qu'à une certaine hauteur; car lorsque le ciel est clair, pendant la nuit et même quelquefois dans le jour, on observe un accroissement de température jusqu'à une certaine hauteur.

« Cet accroissement est signalé depuis plus de soixante ans par des observateurs habiles, sans que les météorologistes l'aient pris en considération dans les observations relatives à la température moyenne de l'air à très-peu de distance au-dessus du sol. »

Outre qu'il est facile, comme je l'ai indiqué plus haut, de se mettre à l'abri des émanations venant du sol, ce que l'on a fait dans plusieurs hôpitaux, il n'est donc pas exact de dire qu'à 15 ou 20 mètres au-dessus du sol la température soit toujours plus basse qu'à la surface, même en été. Cela peut arriver à certains moments de la journée et pour certaines expositions, mais cela n'est pas l'état normal.

78. *Expériences de M. Becquerel.* — Mon savant confrère M. Becquerel a bien voulu, pour éclairer cette question, me remettre une note que je ne puis mieux faire que de transcrire littéralement.

« De nombreuses observations ont montré que, dans la zone tempérée, depuis le sol jusqu'à 2900 mètres de hauteur, il y a un abaissement de température d'un degré pour 150 à 170 mètres d'élévation. Cette hauteur varie avec la saison, l'heure de la journée, le vent régnant, etc., etc. La variation diurne n'est pas la même dans les plaines et dans les montagnes. Il résulte des observations de M. Bravais, faites à Milan, à Genève, à Zurich et au sommet du Fawlhorn, qu'en moyenne la hauteur pour le décroissement

d'un degré varie, dans les 24 heures, de 139 mètres à 200 mètres *. » Mais il en est autrement près du sol.

M. Becquerel, dans ses recherches récentes avec le thermomètre électrique, qui donne des résultats très-exacts, a obtenu ceux qui suivent :

MOIS DE 1860-1861.	TEMPÉRATURE MOYENNE		
	au nord, à l'abri de la radiation solaire, à 1^{m} au dessus du sol.	de l'air, à 16^{m} au-dessus du sol, à la radiation solaire.	de l'air, à 21^{m} au-dessus du sol, à la surface d'un gros arbre.
Juin, — Juillet, — Août............	17°71	17°85	17°97
Septembre, — Octobre, — Novembre	11 14	12 02	12 18
Décembre, — Janvier, — Février.......	3 26	3 45	3 66
Moyenne........	10°07	11°11	11°27

« Ces résultats indiquent qu'en moyenne, pendant trois saisons, de 1860 à 1861, la température de l'air à 16 mètres au-dessus du sol sous le rayonnement solaire a été de 0°,4, supérieure à celle de l'air au nord, qui n'était pas exposé à ce rayonnement. La température à 21 mètres de hauteur et à la surface d'un arbre n'est supérieure à celle de l'air que de 0°,16 à celle de l'air à 16 mètres de hauteur, loin de l'arbre. Dans le cours de la journée, vers trois heures de l'après-midi, au moment du maximum de température, la différence est de 2° à 3°. Cela tient à ce que les arbres, ou du moins leurs parties vertes, ayant un grand pouvoir absorbant, s'échauffent beaucoup sous la radiation solaire et élèvent d'autant la température de l'air ambiant.

« La nuit, quand le ciel est clair, le rayonnement céleste

* *Traité de physique terrestre et de météorologie*, pages 112 et suivantes, par MM. Becquerel et Éd. Becquerel.

produit un effet contraire. C'est pour ce motif que la moyenne diurne diffère peu de celle de l'air, loin de l'arbre. »

Il résulte des observations contenues dans cette note, dont la dernière partie se rapporte plus spécialement aux phénomènes de la végétation, que M. Becquerel étudie avec tant de succès, que la température de l'air, depuis la surface du sol jusqu'à 16 mètres, est sensiblement la même, l'été comme l'hiver, et qu'elle tendrait plutôt à croître qu'à diminuer jusqu'à ces limites, qui sont à peu près celles des cheminées d'appel que l'on pourrait établir, et que, d'ailleurs, au delà de ces hauteurs, il faudrait s'élever à 130 ou 150 mètres pour observer un abaissement d'un degré.

79. *Observations faites au Conservatoire des arts et métiers.*— Quoique les résultats précédents prouvent d'une manière incontestable qu'à l'air libre et loin des habitations, la température est sensiblement la même à la surface du sol et à 15 ou 20 mètres au-dessus, il m'a semblé utile de faire des observations analogues au milieu d'une ville et près d'un bâtiment.

A cet effet, des thermomètres, préalablement comparés, ont été placés extérieurement : au rez-de-chaussée, à 3 mètres ; au premier étage, à $8^{m},25$; au deuxième étage, à $15^{m},73$ au-dessus du sol, le long d'une des faces de la tourelle gauche de la façade de la grande galerie d'expérimentation du Conservatoire, et l'on en a observé les indications deux fois par jour, le matin à huit heures et le soir vers quatre heures. Les résultats de ces observations sont consignées dans le tableau suivant.

OBSERVATIONS DES TEMPÉRATURES DE L'AIR
FAITES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS.

DATES.				REZ-DE-CHAUSSÉE. à 3m,53 au-dessus du sol.	1er ÉTAGE à 8m,25 au-dessus du sol.	2e ÉTAGE à 15m,73 au-dessus du sol.
1861.	15	Août.	8 h. m.	25°75	26°25	26°50
—	—	—	4 h. s..	32 00	31 50	34 25
—	16	—	8 h. m.	27 00	29 00	29 00 fort.
—	—	—	4 h. s..	23 00	23 00	24 00
—	17	—	8 h. m.	17 80	19 00	17 50
—	—	—	4 h. s..	23 80	24 00	24 80
—	18	—	8 h. m.	18 60	20 80	18 75
—	—	—	4 h. s..	25 50	26 60	29 00
—	19	—	8 h. m.	19 60	19 70	20 60
—	—	—	5 h. s..	22 80	23 20	23 40
—	20	—	8 h. m.	16 80	17 00	17 00
—	—	—	4 h. s..	21 20	21 20	21 20
—	21	—	8 h. m.	16 00 faible	17 00	15 00
—	—	—	4 h. s..	21 85	21 90	22 20
—	22	—	4 h. s..	22 40	22 40	23 00
—	23	—	8 h. m.	20 30	20 80	20 70
—	24	—	8 h. m.	16 60	16 80	16 20
—	—	—	4 h. s..	19 50	19 30	18 80
—	26	—	8 h. m.	16 50	17 50	17 20
—	—	—	4 h. s..	21 50	21 20	21 60
—	27	—	8 h. m.	17 40	17 90	17 60
—	—	—	5 h. s..	24 80	24 50	24 80
—	28	—	8 h. m.	21 00	21 00	19 00
—	—	—	4 h. s..	26 50	26 30	29 90
—	29	—	8 h. m.	19 30	19 60	19 00
—	—	—	4 h. s..	24 60	24 80	25 30
—	30	—	8 h. m.	18 70	19 50	18 90
Moyennes......				21°51	21°92	22°05

Ces résultats, soit qu'on examine les observations journalières, soit qu'on en prenne la moyenne générale, montrent que dans les villes, le matin comme le soir, la température à 15 ou 16 mètres au-dessus du sol est plutôt supérieure qu'inférieure à celle que l'on observe à la surface.

80. *Observations faites à l'hôpital Lariboisière.* — Enfin, pour constater les températures au lieu même où l'on prétend qu'il existe des différences sensibles à une certaine hauteur et à la surface du sol, j'ai fait faire des observations à l'hôpital Lariboisière, dans la cheminée qui fournit l'air aux ventilateurs destinés à produire l'insufflation.

L'on sait qu'au sommet de la tour de la chapelle de cet hôpital, il existe des salles voûtées à l'abri de l'action solaire directe, et dans lesquelles l'air arrive par toutes les faces de cette tour. De là il descend par une cheminée dans la chambre des ventilateurs, où se trouvent aussi les machines à vapeur motrices.

Le 22 août 1861, à 4 h. 1/2 de l'après-midi, on a constaté les températures suivantes :

Température intérieure sous les voûtes du sommet de la tour	22°,00
Température extérieure au nord, au sol, près de la chapelle	21°,50
Température intérieure au bas de la cheminée, à son débouché	22°,00
Température de l'air à son arrivée dans les salles au premier étage	24°,00
Température des salles du premier étage	24°,00

Il résulte de ces observations que non-seulement l'air qui arrive par la cheminée d'appel n'est pas à une température plus basse que celle de l'air à la surface du sol, mais encore que cet air, par son passage dans la chambre des machines à vapeur, s'échauffe de 2 degrés et arrive dans les salles plus chaud que de l'air qui serait puisé directement dans les cours de l'hôpital.

Des résultats tout à fait analogues avaient été observés le 14 août 1856 par MM. E. Trélat et H. Péligot, dans le même hôpital. Ces ingénieurs ont trouvé :

Température extérieure, au sol, à l'ombre	14°
Température à la base du clocher	14°
Température à la sortie du ventilateur	19°

81. *Conséquences des observations précédentes.* — De cet

ensemble de faits, il nous semble résulter la conclusion évidente :

1° Qu'il n'est nullement exact d'attribuer aux prises d'air faites à des hauteurs de 15, 20 ou 25 mètres au-dessus du sol, par des cheminées d'appel ou autrement, la propriété de fournir de l'air plus frais que celui qui serait pris près du sol ou à hauteur de chaque étage ;

2° Que le passage de l'air appelé par la cheminée de l'hôpital Lariboisière, à travers la chambre des ventilateurs et des machines, échauffe cet air et contribue à le faire arriver, l'été, dans les salles de l'hôpital, à une température supérieure à celle de l'atmosphère.

82. *Avantages des prises d'air établies à une certaine hauteur.* — Mais si les prises d'air au-dessus du niveau du sol n'ont pas tous les avantages qu'on leur a attribués, elles n'en sont pas moins très-convenables dans beaucoup de cas, parce qu'elles sont à l'abri des émanations accidentelles qui peuvent se produire à la surface du sol ou dans les parties inférieures des bâtiments, par accident, par négligence ou par malveillance. Il y a donc lieu de les préférer aux autres dispositions dans beaucoup de cas, et toutes les fois que cela sera possible, sans conduire à de trop grandes dépenses.

83. *Influence de l'insufflation de l'air sur la pression intérieure.* — Lorsqu'il a été question d'employer l'insufflation de l'air comme moyen de ventilation dans les hôpitaux, quelques personnes ont cru qu'il devait résulter de cette introduction, en partie forcée, de l'air dans les salles, une augmentation appréciable de la pression intérieure, qui dans certains cas pourrait excéder la pression extérieure atmosphérique.

Les uns, partisans exagérés du système, y ont vu pour certains cas des avantages; les autres, trop opposés, ont craint l'effet de cet excès de pression. Les uns comme les autres étaient dans l'erreur. Il ne se produit aucun excès de pres-

sion à l'intérieur des salles, et à l'inverse la pression intérieure est toujours inférieure à la pression atmosphérique, même quand toutes les cheminées d'évacuation sont bouchées pendant assez longtemps. C'est ce qu'ont constaté des observations faites par M. Grassi*. Mais cette différence de pression n'a pas dépassé, dans ces observations, celle que peut mesurer une colonne de $0^{mm},61$ d'éther, ni été inférieure à celle qui correspond à $0^{mm},26$ d'éther.

Ces différences équivalent à

$$0,61 \frac{0,715}{13,560} = 0^{mm},032,$$

et

$$0,26 \times \frac{0,715}{13,560} = 0^{mm},014$$

de mercure, et l'on a peine dès lors à comprendre comment un physicien comme M. Péclet a pu penser que des « médecins intelligents pourraient tirer parti de ce système de ventilation, dans le cas où des variations dans la pression de l'atmosphère d'une salle d'hôpital seraient reconnues utiles à la guérison de certaines affections**. » Tout le monde sait, en effet, que des variations de quelques millimètres de mercure dans la colonne barométrique, ou cent fois plus grandes que celles que nous venons d'indiquer, n'ont pas sur la santé de l'homme une influence que la science médicale puisse encore apprécier avec les moyens d'investigation dont elle dispose.

84. *Insalubrité fréquente de l'air des caves, etc.* — En terminant ce qui, dans ces considérations générales, est relatif à l'introduction de l'air nouveau, nous croyons devoir dire qu'à l'exception de circonstances particulièrement favorables ou obligatoires, l'on doit éviter de puiser l'air, par appel ou autrement, dans des lieux souterrains, dans les caves, etc.

---

* Voy. au chapitre VI.

** *Traité de la chaleur*, 3e édit., 3e vol., n° 2570, page 289.

Outre les émanations souvent impures du sol, surtout dans les grandes villes; outre celles qui peuvent provenir de la malpropreté des agents des services, il y a encore à craindre, comme l'a très-justement fait observer M. Dumas à la commission chargée d'examiner les projets relatifs aux théâtres de la place du Châtelet, non-seulement les inondations, mais surtout les infiltrations des eaux chargées de détritus végétaux ou animaux, contre lesquelles l'emploi des meilleures maçonneries hydrauliques n'est pas toujours un préservatif suffisant.

Ce n'est qu'avec regret, pour ma part, que j'ai accepté pour les salles d'assises du palais de justice et pour les nouveaux théâtres de Paris l'introduction de l'air nouveau par des conduits souterrains. A mesure que je me suis davantage occupé de cette question délicate et complexe, mes craintes à ce sujet se sont accrues, et les renseignements que j'ai recueillis sur certains effets remarqués à Vincennes par MM. les officiers du génie n'ont pu que me confirmer dans ces appréhensions.

85. *Influence du vent sur l'évacuation et sur l'introduction de l'air.* — L'action du vent peut dans beaucoup de circonstances contrarier l'évacuation et l'introduction de l'air dans les appareils de ventilation, et il importe de se rendre compte de ces effets, afin de se ménager les moyens d'en éviter les inconvénients.

L'on estime généralement la pression que le vent peut exercer sur une surface d'un mètre carré, ainsi qu'il est indiqué dans le tableau suivant:

Vitesse du vent en une seconde.	Pressions en kilogrammes sur un mètre carré.
3m,00	1kil,047
5 ,00	2 ,908
8 ,00	7 ,443
10 ,85	13 ,691
14 ,00	22 ,795
20 ,00	46 ,520
40 ,00 (ouragan).	186 ,080

Les vents de 15 à 20 et 25 mètres de vitesse par seconde sont fréquents au printemps et dans la saison d'automne, et si, par exemple, un semblable vent exerce par mètre carré de surface une pression de 25 kil., il est facile de voir qu'elle équivaut à une colonne d'air dont la hauteur en mètres serait donnée par la relation

$$1^{\text{kil}},30 \times h = 25^{\text{kil}}, \quad \text{d'où} \quad h = \frac{25}{1.3} = 19^{\text{m}},23.$$

Cette hauteur, qui mesure l'excès de la pression exercée extérieurement par le vent sur la pression intérieure qui existe de l'autre côté, est susceptible d'engendrer une vitesse donnée par la formule

$$V = \sqrt{19,62 \times 19^{\text{m}},23} = 19^{\text{m}},42.$$

L'on comprend, d'après ce chiffre, avec quelle vitesse le vent peut faire pénétrer l'air par les ouvertures que présentent les parois sur lesquelles il agit, et avec quelle énergie il peut contrarier ou modifier les courants d'air qu'il rencontre. C'est d'ailleurs ce qu'il est bien facile de constater près des fenêtres exposées au vent du sud-ouest. L'espèce de musique éolienne que l'on entend l'hiver et l'automne n'est pas due à une autre cause.

86. *Examen de quelques cas particuliers. Cheminée de foyer ou d'évacuation.* — Supposons, par exemple, qu'une cheminée de foyer ou d'évacuation d'air débouche sur un toit sans atteindre la hauteur de son sommet, il pourra arriver souvent que, par un vent dirigé dans un plan à peu près normal à la surface du toit ou sous l'angle ordinaire de 10 degrés à l'horizon, il se produise contre la surface du toit un excès de pression qui, en condensant incessamment l'air jusqu'à une certaine distance de la cheminée, s'oppose à l'évacuation de la fumée ou de l'air vicié. Cet effet se remarque assez souvent pour qu'il soit inutile d'insister sur ce cas.

Il en est de même, quand la cheminée débouche, comme à l'hospice du Vésinet, à fleur du plancher et dans l'intérieur

d'un grenier dont la couverture permet à l'air extérieur affluent de pénétrer sous les longs pans de la toiture et d'y déterminer une augmentation de pression qui, non-seulement s'oppose à l'évacuation de l'air vicié, mais encore le refoule avec de l'air froid dans les salles qu'il s'agit de ventiler.

87. *Prises d'air de cheminée ou de ventilation.* — Lorsque des prises d'air de foyer ou de ventilation sont ouvertes dans les deux faces opposées d'un bâtiment, à l'intérieur duquel elles doivent fournir de l'air nouveau, il peut arriver que, par l'effet d'un vent violent dirigé sur l'une des faces, l'air, au lieu d'affluer des deux côtés, passe de l'un à l'autre sans entrer dans les salles et produise même, des salles vers l'extérieur, une évacuation d'air chaud et vicié, auquel cas la salle ne serait ni chauffée ni ventilée. Des effets de ce genre ont été observés à la prison Mazas et même dans les pavillons de l'hôpital Lariboisière ventilés par appel. Ils peuvent être, il est vrai, considérablement diminués par un appel suffisamment énergique. Mais il est facile de se préserver de ces circonstances anormales et accidentelles. Il suffit de laisser ouvertes pour recevoir l'air les ouvertures situées du côté d'où vient le vent et de fermer celles du côté opposé. La grande vitesse du vent dans ce cas suffira pour qu'un seul orifice d'introduction alimente convenablement les salles. Il est bien facile d'ailleurs d'imaginer des dispositions qui évitent cet inconvénient sans l'intervention d'aucun agent.

88. *Fosses d'aisances.* — Il est un cas plus grave et dans lequel il est plus difficile de se mettre à l'abri des effets de la pression du vent, c'est celui que présentent assez souvent les fosses d'aisances. Quand elles ne sont pas très-hermétiquement fermées, qu'elles ont avec l'air extérieur quelque communication directe ou indirecte, lors même qu'elles sont recouvertes par des dalles et une certaine épaisseur de terre, si elles sont exposées au vent du sud ou d'ouest, il arrive fréquemment que, dans les temps de bourrasques, de printemps en automne, la pression extérieure pénètre dans les fosses et

en refoule les gaz dans les tuyaux de descente, à travers les murs voisins, etc. C'est un effet que j'ai été plusieurs fois à même de remarquer et qui, dans certaines localités, dénote même de suite la direction du vent, quand on ne l'a pas observée.

89. *Prises d'air extérieures.*—A l'inverse des effets précédents, si un courant d'air rapide est dirigé parallèlement à une face de bâtiment dans laquelle des orifices d'introduction d'air sont ouverts, il peut arriver que la vitesse de ce courant d'air soit assez grande, non-seulement pour empêcher l'introduction de l'air dans ces orifices, mais encore pour y produire un appel en sens contraire et faire ainsi sortir des salles de l'air chaud et vicié, au lieu d'y introduire de l'air pur. Ce cas doit être cependant fort rare. Mais il n'en convient pas moins d'orienter les faces des bâtiments, sur lesquelles on se propose d'ouvrir les prises d'air, de manière qu'elles ne soient pas exposées à cet inconvénient, et quand on n'a pas pu l'éviter, il faut disposer au côté de ces orifices d'introduction de l'air qui est sous le vent, une sorte de directrice qui, en s'opposant au courant d'air, l'oblige à pénétrer dans le canal d'introduction.

Toutes les circonstances dont nous venons de parler sont anormales, il est vrai, mais elles se produisent cependant périodiquement avec les saisons. Il est donc bon de se garantir de leurs effets, et d'ailleurs c'est souvent d'après de semblables accidents que l'on juge des appareils ou des dispositifs de ventilation ou de chauffage qu'avec un peu de réflexion l'on aurait pu en garantir.

90. *Conclusions générales.* — Par l'ensemble des considérations que je viens de développer, et abstraction faite de la comparaison que je ferai ultérieurement des différents systèmes de ventilation employés, l'on peut juger si, en quelque saison que ce soit, l'usage des ventilateurs est nécessaire et préférable à celui de la ventilation par une aspiration convenablement réglée et proportionnée. Je crois inutile d'insister

davantage, quant à présent, pour montrer combien est superflu, dans la plupart des cas, l'emploi de ces moyens mécaniques que l'on a qualifié de progrès en disant que la ventilation par aspiration avait fait son temps, comme si les phénomènes naturels et les indications qu'ils nous fournissent pouvaient jamais être surannés.

J'ai publié * les résultats des expériences que j'ai fait exécuter à l'hôpital Lariboisière et à l'hospice du Vésinet. Je les reproduirai plus loin, en les complétant par d'autres observations comparatives qui ont été exécutées sous ma direction pendant la saison d'été de 1861 et par ceux que je dois à d'autres expérimentateurs; mais les faits que j'ai déjà fait connaître montrent que l'action seule de l'aspiration, due aux différences de température, suffit pour assurer l'évacuation et l'introduction en toute saison des volumes d'air jugés nécessaires dans les cas ordinaires.

Cependant, comme dans toutes les questions d'application, il ne saurait y avoir presque jamais de solution absolue, il ne faudrait pas étendre ces conclusions générales à deux sortes de cas exceptionnels, dont l'un est celui de la ventilation des mines de guerre, des galeries de recherche, des tunnels en construction, etc.; et l'autre, celui de la ventilation des salles de grandes réceptions accidentelles.

Dans le premier, l'étendue des sections d'introduction et d'évacuation de l'air est souvent assez faible, et les différences des températures assez limitées pour que le volume d'air dont elles produiraient l'évacuation soit inférieur aux besoins. Dans le second, le nombre des personnes introduites peut être tellement grand, que des moyens extraordinaires deviennent nécessaires; mais je ferai voir cependant, par des exemples, que cela ne doit arriver que quand les localités ne se prêtent pas à l'installation des conduits d'appel.

91. *Cas où il convient d'utiliser les ventilateurs pour l'intro-*

---

* *Annales du Conservatoire*, avril 1860.

duction de l'air. — Si des observations exécutées pendant l'hiver à l'hôpital Lariboisière ont montré * que le ventilateur énergique installé dans cet hôptial ne contribuait que pour 0,30 dans l'affluence de l'air nouveau dans les salles, et pour 0,15 dans l'évacuation totale, et si les expériences faites à l'asile Impérial du Vésinet ont prouvé qu'au printemps de la même année, lorsque l'on chauffait modérément, le ventilateur imparfait qui y est établi pouvait être, à cette époque, complétement arrêté, sans que le volume d'air évacué des salles fût sensiblement diminué; si enfin d'autres expériences exécutées le 29 avril 1861, alors que la température intérieure n'excédait celle de l'air extérieur que de 4 à 5°, par conséquent, et sans le concours du chauffage, à l'hospice Necker par MM. Leblanc et Ser ont mis en évidence que, même dans ces dernières circonstances, si peu favorables à l'action de l'appel, la part du ventilateur à hélices dans l'effet total d'évacuation de l'air vicié n'était que 0,28 du volume total de l'air évacué, il ne faudrait pas en conclure d'une manière absolue que l'effet de ces appareils, quand ils sont bien construits et surtout convenablement placés par rapport aux locaux à ventiler doive être, dans tous les cas, regardé comme nul ou à peu près superflu.

Ce serait, en effet, non-seulement une exagération de nier qu'un ventilateur bien proportionné, établi dans de bonnes conditions sous le rapport des conduits, ne pût introduire dans un local donné une quantité d'air correspondante à ses proportions et à sa vitesse. Mais il est de plus très-certain qu'un appareil de ce genre, une fois établi, jouit de la propriété précieuse de fournir toujours à la même vitesse, et, par conséquent, abstraction faite de toute variation de température, une certaine quantité d'air; ce qui pour la saison d'été constitue un avantage réel et incontestable pour assurer l'arrivée de l'air nouveau par des orifices donnés, et comme

* Voy. au chapitre VII.

d'ailleurs, quand cet appareil n'aurait plus alors pour auxiliaire de ses effets l'échauffement de l'air avant son introduction, l'on pourrait y suppléer au moins en partie par un accroissement de sa vitesse, il est bien clair qu'avec le secours d'un ventilateur, et abstraction faite des effets de toute autre cause, l'on peut obtenir l'affluence d'un volume d'air déterminé et à peu près constant dans un local donné.

Ces observations sont particulièrement applicables aux étuves et autres appareils analogues dans lesquels il est nécessaire d'introduire des volumes d'air considérables à une température assez basse, afin d'y produire la vaporisation d'une quantité donnée d'eau, sans exposer les corps à se dessécher à une chaleur qui en altérerait la constitution.

Mais, quand il s'agit de l'assainissement des lieux habités, il ne faut pas perdre de vue qu'outre que le mouvement et les effets d'un ventilateur ne s'obtiennent pas sans dépenses considérables d'installation et de service journalier, quelque parti que l'on puisse même tirer de la chaleur conservée par la valeur motrice, il y a une considération capitale qui ne permet pas de baser la ventilation et l'assainissement des lieux habités sur l'action seule de ces appareils : c'est, ainsi que nous l'avons dit aux n°s 60 et suivants, qu'il ne suffit pas de faire affluer de l'air nouveau en quantité convenable dans un local pour l'assainir; il faut d'abord, et surtout, que l'air vicié qu'il doit remplacer soit, aussi uniformément que possible, évacué des différentes parties du local, et il faut que cette évacuation soit assurée par des moyens assez énergiques pour qu'elle ne soit pas troublée, altérée, et encore moins annulée par les circonstances accidentelles, comme l'action des vents, l'ouverture des portes et fenêtres, etc.

Or, l'insufflation de l'air n'assure nullement cette stabilité de l'évacuation de l'air vicié ni l'uniformité de répartition de l'air nouveau.

Pour n'en citer qu'un exemple, je dirai que *, tandis que la

* Voy. au chapitre VII.

machine à vapeur de l'hôpital Lariboisière à sa vitesse normale de 60 à 65 tours par minute fournit ordinairement par les portes des salles 6000 à 6500 mètres cubes d'air par heure au pavillon n° 4, le 31 août 1861, par une température extérieure de 16° en haut du bâtiment et de 17° dans les cours, la température des salles était de 22°,50, et le volume d'air évacué par la cheminée générale n'était que de 3215 mètres cubes à 22° ou 31m c,58 par heure et par lit. L'on trouvera le détail de cette observation dans le chapitre VI, relatif aux expériences.

Cela tient à ce que, bien que l'expérience ait suffisamment montré que l'excédant de la pression intérieure sur la pression extérieure que les uns avaient espéré et que d'autres avaient craint de voir produire dans les salles n'existait pas, il n'en est pas moins vrai que, pour un état donné de température intérieure et extérieure, la pression intérieure ne doive être un peu plus grande dans les locaux ventilés par insufflation et qui ne sont pas pourvus de moyens d'appel énergiques, que dans les salles où la ventilation n'est due qu'à un appel assez puissant.

Dès lors, et par suite en même temps de l'infériorité de l'appel dans le système exclusif de l'insufflation, l'air introduit s'échappe en partie directement par les ouvertures libres, par les portes qui lui sont offertes, et il s'établit ainsi souvent, et parfois d'une manière permanente, des courants directs des orifices d'introduction vers ces ouvertures étrangères au système de l'évacuation normale, ce qui empêche une égale répartition de l'air nouveau et une évacuation uniforme de l'air vicié.

C'est par l'effet de ces circonstances que, dans le système de l'insufflation, même quand il est bien organisé, comme à Lariboisière, l'ouverture des portes et des fenêtres atténue, trouble, renverse même complétement l'évacuation de l'air vicié, ainsi que l'ont observé à des degrés différents M. Grassi, MM. Trélat et Péligot, et MM. les docteurs Vollemier et Pidoux. C'est par la même cause que l'été, pendant la

nuit, l'ouverture des portes étant nécessaire pour empêcher l'élévation de la température, le volume d'air évacué régulièrement de ces salles n'est parfois à peine que la moitié de celui que la machine y insuffle.

Enfin, tous les expérimentateurs ont constaté que, même quand les portes et les fenêtres sont fermées, le volume d'air évacué égale à peine celui que la machine introduit, quoiqu'il se produise cependant des rentrées fort sensibles par certaines fenêtres, ce qui implique nécessairement la sortie par les portes d'une autre proportion d'air à laquelle celle qui rentre forme compensation.

Dans tout ce qui précède, je me suis borné à des considérations générales basées sur les principes élémentaires de la physique et de la mécanique, ainsi que sur l'observation des phénomènes que présente la circulation et le mouvement de l'air. J'ai cherché à en déduire des conséquences, des règles générales applicables, soit à l'examen comparatif des divers systèmes proposés ou en usage, soit aux dispositions d'ensemble auxquelles il convient, selon les circonstances, de donner la préférence. Mais pour passer de ces considérations aux applications et à l'examen expérimental des appareils et de leurs effets, il faut recourir aux règles et aux formules déduites du principe des forces vives et des résultats de l'expérience.

C'est ce que je chercherai à faire dans les chapitres suivants, en commençant par l'exposition de la théorie du mouvement de l'air dans les conduits et dans les cheminées, en m'attachant principalement à ce qui concerne la ventilation proprement dite.

CHAPITRE IV.

APPLICATION DE LA THÉORIE DU MOUVEMENT DES GAZ A LA CIRCULATION DE L'AIR DANS LES CHEMINÉES ET DANS LES CONDUITS DE VENTILATION.

Le mouvement de l'air dans les conduits de ventilation et dans les cheminées d'évacuation est soumis aux principes que nous avons exposés dans l'enseignement de l'hydraulique, conformément aux règles indiquées par Borda et développées par M. Poncelet dans ses leçons de l'École de Metz.

Nous nous proposons, dans ce qui va suivre, d'appliquer ces principes aux divers dispositifs qui peuvent être ou qui sont employés dans les appareils de ventilation, afin d'en déduire les règles à employer dans chaque cas, de comparer ces différents systèmes entre eux, et de reconnaître dans quelles limites la théorie et l'expérience se trouvent d'accord.

A cet effet, nous commencerons par rappeler succinctement et séparément les expressions du travail des puissances et des résistances développées dans les appareils, ainsi que celles des variations et des pertes de force vive qu'éprouve le fluide en mouvement, pour lier ensuite ces quantités à l'aide du principe des forces vives ou du travail.

92. *Travail des pressions ou des différences de densité.* — Le mouvement de l'air dans les cheminées et dans les tuyaux de conduite est déterminé par les différences de pression qui agissent aux extrémités de cette conduite.

En appelant :

D la densité ou le poids du mètre cube de l'air extérieur,

ou celle de l'air de la salle ou du réservoir qui fournit l'air à la cheminée;

d la densité de l'air dans la cheminée, supposée à peu près constante à partir du moment où il entre, après avoir passé par le foyer d'échauffement;

A l'aire de la section transversale du passage de la cheminée;

H la hauteur de la cheminée;

il est évident que la pression motrice, qui tendra à faire passer l'air dans la cheminée, sera exprimée par

$$(\mathrm{D}-d)\,\mathrm{AH}^{\mathrm{kil}},$$

et si la vitesse moyenne dans la cheminée est U, le travail moteur développé par seconde par cette pression sera

$$(\mathrm{D}-d)\,\mathrm{AHU}^{\mathrm{km}} \text{ en } 1''.$$

93. *Travail résistant des parois.* — La résistance des parois au mouvement des fluides peut être, comme on le sait, représentée par une expression de la forme

$$\frac{d\mathrm{SL}\beta\mathrm{U}^2}{g},$$

dans laquelle :

d est la densité ou le poids du mètre cube de l'air qui passe dans la cheminée;

S le contour ou périmètre de la section transversale de la cheminée;

L la longueur développée de la cheminée, laquelle sera égale à la hauteur H, si elle est verticale;

β est un coefficient numérique constant pour une même

nature de parois, mais variable d'une nature à une autre;

U la vitesse moyenne de l'air dans les conduits ou cheminées.

Le travail développé par seconde par cette résistance sera évidemment égal à

$$\frac{dSL\beta U^3}{g}.$$

94. *Force vive communiquée à l'air dans le conduit.* — D'une autre part, si l'on nomme $M = \frac{P}{g}$ la masse du fluide écoulé dont le poids $P = dAU$, la force vive imprimée à cette masse par la différence des pressions sera égale à

$$MU^2.$$

95. *Perte de force vive à l'entrée du conduit.* — Il aura été fait à l'entrée du conduit une perte de force vive exprimée par

$$M\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 U^2,$$

m étant le coefficient de la contraction à l'entrée du conduit, et en supposant que l'aire de l'orifice d'entrée soit égale à la section A du tuyau. On remarquera que cette perte de force vive peut être à peu près annulée en disposant l'entrée du tuyau de façon que le coefficient m diffère peu de l'unité.

Par conséquent la force vive totale qui aura été imprimée à la masse fluide en mouvement, et qui se compose de celle qu'elle conserve dans la cheminée et de celle qu'elle a perdue à l'entrée, sera exprimée par

$$M\left\{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2\right\} U^2 \text{*}. \qquad [1]$$

* *Observation sur une formule de M. Péclet, relative au cas précédent.* — M. Péclet, dans sa troisième édition, tome Ier, page 114, exprime ce

96. *Force vive de l'air à sa sortie du conduit ou de la cheminée.* — Lorsqu'au lieu de déboucher à gueule-bée à l'extérieur par un orifice de même section que son tuyau, et par conséquent avec la vitesse U, la cheminée ou le conduit est terminé par un orifice plus petit de section A_1, dans lequel la

---

qu'il nomme la perte de charge produite par un ajustage cylindrique par la formule

$$P-p=\left(\frac{1}{\varphi^2}-1\right)p,$$

dans laquelle

P est la pression motrice exprimée en hauteur du gaz qui s'écoule;

p la pression ou charge correspondante à la vitesse dans l'ajutage, de sorte que $v^2=2gp$ (page 95).

D'après cette notation, cette formule revient à

$$p=\frac{v^2}{2g}=\frac{P}{1+\frac{1^1}{\varphi^2}-1}=P\varphi^2 \quad \text{ou} \quad v^2=2gP\varphi^2,$$

tandis que le principe des forces vives conduit à la formule

$$v^1=\frac{2gP}{1+\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)^2};$$

qui a été vérifiée par les expériences de M. Pecqueur, discutées par M. Poncelet.

Le même principe donnerait, en revenant aux notations de M. Péclet,

$$V^2=2gp=\frac{2gP}{1+\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)^2};$$

ou

$$p=\frac{P}{1+\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)^2};$$

d'où $\quad P=p\left\{1+\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)^2\right\} \quad$ et $\quad P-p=p\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)^2,$

et non pas

$$P-p=p\left(\frac{1}{\varphi^2}-1\right),$$

comme l'admet M. Péclet.

Si l'on adoptait avec cet auteur, pour la valeur du coefficient de contraction, $\varphi=0,83$, ce qui correspond, selon lui, à des différences de pres-

vitesse serait V_1, et le coefficient de contraction m_1, le volume d'air écoulé est

$$m_1 A_1 V_1 = AU,$$

d'où
$$V_1 = \frac{A}{m_1 A_1} U;$$

et puisque l'on suppose $m_1 A_1 < A$, il s'ensuit que la vitesse V_1 est plus grande que U, ce qui donne plus de stabilité à l'écoulement, mais diminue le volume d'air écoulé par seconde, comme nous le ferons voir tout à l'heure.

Dans ce cas, la force vive à la sortie est

$$MV_1^2 \quad \text{au lieu de } MU^2,$$

comme dans le précédent, et il faudra y avoir égard dans les applications.

97. *Cas où l'orifice d'entrée a une section différente de celle de la cheminée.* — Si l'aire de l'orifice d'entrée était différente de celle de la section de la cheminée, en la désignant par A'

---

sions $P-p$ comprises entre $0^{atm},01$ et $0^{atm},10$, entre lesquelles se trouvent presque tous les cas de la pratique des ventilations, l'on en déduirait

$$\frac{1}{\varphi} = 1,205, \quad \frac{1}{\varphi^2} = 1,452, \quad \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2 = 0,042,$$

par conséquent la formule de M. Péclet donnerait

$$P-p = \left(\frac{1}{\varphi^2} - 1\right) p = 0,452p,$$

(n° **301**, 1er vol., *Traité de la chaleur*), tandis que celle que l'on déduit du principe des forces vives donne

$$P-p = \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2 p = 0,042p.$$

L'on voit par cette comparaison que la formule admise par M. Péclet conduit à une estimation de la différence des pressions plus que décuple de celle que l'on déduit du principe des forces vives et des observations de M. Pecqueur.

et appelant V la vitesse de passage par cet orifice, la perte de force vive après l'entrée serait

$$M(V-U)^2 = MU^2\left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2$$

(nº **165**, *Hydraulique*), en admettant que l'air ne change pas de densité au passage. Ce cas se présente dans les cheminées dont l'entrée est rétrécie pour en activer le tirage, et dans le passage de l'air à travers les grilles des foyers ou par les tuyaux d'échauffement des calorifères.

98. *Perte de force vive à chaque coude.* — S'il y a dans la direction du conduit ou de la cheminée des changements brusques, ils donneront lieu, comme on sait, à des contractions et à des pertes de force vive dont chacune sera représentée par un terme de la forme

$$M\left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 U^2$$

(nº **160**, *Hydraulique*), en nommant m'' le coefficient de la dépense au passage par ces coudes, lequel ne doit pas beaucoup s'éloigner de 0,70. Cette expression suppose qu'avant et après le coude la section transversale du tuyau est égale à celle A de la cheminée. Dans ce cas il faudra ajouter cette perte de force vive aux précédentes autant de fois qu'il y aura de coudes brusques de même dimension, ou introduire un terme analogue pour chaque coude particulier.

99. *Rencontre de deux conduits.* — Il se produit un effet analogue quand deux conduits d'air se rencontrent sous un certain angle, et cette rencontre donne toujours naissance à des tourbillonnements, à des contractions d'où résultent des pertes de force vive et par suite de travail moteur.

100. *Perte de force vive causée par un élargissement du conduit.* — S'il y a un élargissement de la conduite, il se produit encore à cet endroit une perte de force vive d'autant

plus grande que cet élargissement est plus considérable par rapport à la section de la conduite et qui a pour expression

$$M(U-U')^2 = MU^2\left(1-\frac{A}{O}\right)^2$$

(nº **166**, *Hydraulique*), en nommant U′ la vitesse dans la section élargie, et O l'aire de cette section. Ce cas se présente lorsque des conduits de ventilation débouchent dans une cheminée générale.

101. *Récapitulation des pertes de force vive.* — Toutes ces pertes de force vive ne se produisent pas toujours, et, pour la facilité des applications, nous les récapitulerons dans le tableau suivant, afin que, suivant les cas, on puisse y trouver leur expression.

1º Perte de force vive à l'entrée de la conduite si l'orifice d'entrée a la même section que la conduite : $M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 U^2$;

si l'orifice d'entrée a une section A′ plus petite que celle du tuyau, m' étant le coefficient de contraction : $M\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2 U^2$;

2º Perte de force vive à chaque coude rectangulaire (m''=0,70 à 0,60 en moyenne) : $M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2 U^2$;

3º Perte de force vive à chaque élargissement (O section élargie) : $M\left(1-\frac{A}{O}\right)^2 U^2$.

Dans toutes ces expressions, la masse M du fluide écoulé en une seconde est la même.

102. *Équation générale du mouvement de l'air dans les circuits de ventilation.* — En supposant que toutes ces causes de perte de force vive et de travail moteur se présentent dans

une même circulation d'air, le principe des forces vives appliqué à cette circulation conduirait à la relation suivante :

$$MV_1^2+M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2U^2+M\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2U^2+M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2U^2$$

$$+M\left(1-\frac{A}{0}\right)^2U^2=2(D-d)AHU-\frac{2dSL\beta U^3}{g}.$$

On remarquera que, dans cette équation générale, la masse de l'air qui passe à chaque section en une seconde est la même, et que dans l'expression de sa valeur

$$M=\frac{dAU}{g},$$

d'où l'on tire $$\frac{dU}{g}=\frac{M}{A},$$

d est la densité de cet air correspondante à sa température et a pour valeur

$$d=\frac{1.30}{1+at},$$

a étant, comme on le sait, le coefficient de dilatation de l'air et égal à 0,003665.

On a de même pour calculer la densité D de l'air extérieur la relation

$$D=\frac{1,30}{1+aT}.$$

Il suit de là que, dans l'équation précédente et dans toutes celles que nous en déduirons, on pourra remplacer les densités par leur valeur, en fonction des températures qui sont toujours faciles à déterminer.

On a aussi, d'après les notations précédentes,

$$V_1=\frac{A}{m_1A_1}U \quad \text{et} \quad \frac{dU}{g}=\frac{M}{A};$$

de sorte qu'en divisant les deux membres par

$$M = \frac{dAU}{g}$$

l'équation générale ci-dessus devient :

$$U^2\left\{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\left(1-\frac{A}{0}\right)^2+\frac{2SL\beta}{A}\right\}$$

$$= 2g\left(\frac{D-d}{d}\right)H = 2g\,\frac{a(t-T)H}{1+aT};$$

attendu que, d'après les expressions précédentes des densités en fonction des températures, l'on a :

$$\frac{D-d}{d} = \frac{a(t-T)}{1+aT}.$$

103. *Observation sur une erreur de M. Péclet.* — M. Péclet a admis, dans la 3e édition (page 37, vol. Ier),

$$\frac{D-d}{d} = \frac{a(t-T)}{1+at},$$

erreur qui, dans bien des cas, peut altérer très-notablement les résultats; car tandis que la température T de l'air extérieur ne varie guère, pour les cas d'application, que de $+10$ *à* $-10°$, ce qui donne pour le dénominateur $1+aT$ les valeurs

$$1 + 0,003665 \times 10 = 1,03665$$

et $$1 - 0,003665 \times 10 = 0,96335,$$

dont le rapport est $\frac{1,03665}{0,96335} = 1,076;$

la température de l'air évacué varie dans des limites beaucoup plus étendues, et le dénominateur admis par M. Péclet

peut acquérir des valeurs excessivement différentes. Ainsi l'on a pour

$t=10°$	25°	50°	100°	200°	300°
$1+at=1{,}03665$	1,09162	1,18325	1,3665	1,7330	2,0995

ce qui montre que, tandis que dans les applications le dénominateur réel $1+a\mathrm{T}$ varie fort peu, ou de moins de $\frac{1}{25}$ de sa valeur moyenne, qui est à peu près l'unité, celui que l'on trouve dans toutes les formules de la 3ᵉ édition du *Traité de la Chaleur* de M. Péclet, et qui est $1+at$, peut, selon les données des applications à faire, varier de 1 à 2, ce qui expose à de graves erreurs.

104. *Valeur de la vitesse dans la cheminée d'évacuation.* — De l'équation ci-dessus l'on tire

$$\mathrm{U}=\sqrt{\frac{2g\left(\frac{\mathrm{D}-d}{d}\right)\mathrm{H}}{\left(\frac{\mathrm{A}}{m_1\mathrm{A}_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{\mathrm{A}}{m'\mathrm{A}'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\left(1-\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{O}}\right)^2+\frac{2\mathrm{SL}\beta}{\mathrm{A}}}},$$

ou

$$\mathrm{U}=\sqrt{\frac{2g\,\frac{a(t-\mathrm{T})\mathrm{H}}{1+a\mathrm{T}}}{\left(\frac{\mathrm{A}}{m_1\mathrm{A}_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{\mathrm{A}}{m'\mathrm{A}'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\left(1-\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{O}}\right)^2+\frac{2\mathrm{SL}\beta}{\mathrm{A}}}}.$$

105. *Expression du volume d'air écoulé par la cheminée.* — Il résulte de cette expression que le volume d'air à la température t écoulé en une seconde par la cheminée dont la section est A a pour valeur

$$\mathrm{Q}=\mathrm{AU}=\mathrm{A}\sqrt{\frac{2g\left(\frac{\mathrm{D}-d}{d}\right)\mathrm{H}\quad\text{ou}\quad 2g\frac{a(t-\mathrm{T})}{1+a\mathrm{T}}\mathrm{H}}{\left(\frac{\mathrm{A}}{m_1\mathrm{A}_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{\mathrm{A}}{m'\mathrm{A}'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\left(1-\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{O}}\right)^2+\frac{2\mathrm{SL}\beta}{\mathrm{A}}}},$$

expression dans laquelle on pourra souvent admettre que $1+a\mathrm{T}$ diffère peu de l'unité.

106. *Influence de la valeur des différentes quantités qui entrent dans cette expression.* — Il importe de se rendre compte de l'influence relative des différents éléments de cette ex-

pression sur le volume d'air évacué par la cheminée. Cherchons à la mettre en évidence, en commençant par ceux qui entrent dans le dénominateur.

107. *Influence de la section de la cheminée.* — Remarquons d'abord que le volume Q étant proportionnel à l'aire A de la section de la cheminée, cette quantité, dont on peut presque toujours disposer, exerce une influence très-prépondérante sur la valeur de ce volume. Elle entre, il est vrai, au dénominateur de l'expression de la vitesse, mais nous verrons par quelques applications qu'elle influe peu sur la valeur de celle-ci. Lors donc que l'on aura disposé les appareils et réglé leur marche de manière à obtenir une vitesse convenable dans la cheminée, ce qui est la vraie difficulté du problème à résoudre dans chaque cas, il sera toujours facile, dans les circonstances ordinaires, d'assurer l'écoulement d'un volume voulu d'air en proportionnant convenablement l'aire A de section de la cheminée.

108. *Influence du facteur*

$$\frac{D-d}{d}=\frac{a(t-T)}{1+aT}.$$

Ce facteur entrant sous le radical au numérateur de la valeur de la vitesse U, on voit que cette vitesse croît seulement proportionnellement à sa racine carrée, et par conséquent d'autant plus lentement qu'il devient plus grand. Il y a donc, par ce seul motif, lieu d'en renfermer la valeur dans des limites assez restreintes, et, en outre, comme l'excès $t-T$ de la température intérieure dans la cheminée sur celle de l'air extérieur donne lieu à des pertes de chaleur croissantes avec cette température t, c'est une raison de plus pour donner la préférence aux moyens qui permettent d'obtenir la valeur nécessaire de la vitesse U sans employer des températures élevées. On voit aussi que si l'on peut régler la marche des

appareils d'échauffement de l'air dans la cheminée d'appel de façon que le rapport

$$\frac{D-d}{d}=\frac{a(t-T)}{1+aT}$$

reste le même, malgré les variations de la température extérieure T, tous les autres éléments de la question restant les mêmes, la vitesse U d'écoulement dans la cheminée et par conséquent le volume d'air qu'elle débitera resteront constants. Or l'expression ci-dessus montre qu'il suffira de régler la température t de l'air dans la cheminée, de façon que le rapport $\frac{t-T}{1+aT}$ soit toujours le même.

Il y a de plus lieu de remarquer, comme nous l'avons déjà fait, que, par suite de la petitesse du coefficient de dilatation de l'air, $a=0{,}003665$, et dans les limites restreintes entre lesquelles varie la température T de l'air extérieur, le dénominateur $1+aT$ diffère généralement très-peu de l'unité, et il suffira de rendre constante la différence $t-T$ des températures intérieure et extérieure.

109. *Conséquences pratiques.* — Par conséquent, dans la pratique, on satisfera à très-peu près à la condition que la vitesse U et le volume d'air écoulé soient constants, si l'on règle la marche des appareils de chauffage de façon que l'excès de la température de l'air dans la cheminée sur la température extérieure soit toujours le même, ce qui en réalité ne présente pas de difficultés sérieuses, et ce qui est d'accord avec l'expérience, comme nous le ferons voir plus tard.

110. *Variation du facteur* $\sqrt{\frac{D-d}{d}}$ *avec la température.* — Mais la conséquence précédente n'est admissible, comme règle pratique, que dans les limites assez restreintes où fonc-

tionnent ordinairement les appareils de ventilation, et il convient de faire remarquer que le facteur

$$\sqrt{\frac{D-d}{d}} = \sqrt{\frac{a(t-T)}{1+aT}},$$

qui entre dans l'expression de la vitesse d'écoulement U dans le tuyau de la cheminée, et sur lequel influe exclusivement l'élévation de température qui se produit dans cette cheminée, ne croît pas en réalité proportionnellement à la différence $t-T$ des températures, et par conséquent à la quantité de chaleur développée ou de combustible brûlé.

Si, par exemple, nous comparons les valeurs de ce facteur correspondantes à des températures t égales à 100° et à 200°, nous trouverons les résultats suivants en partant de $T=0$:

$$D = 1^{kil},298;$$

$$t = 100°; \quad d = 0^{kil},95; \quad \frac{D-d}{d} = 0,3663;$$

$$t = 200°; \quad d = 0^{kil},7489; \quad \frac{D-d}{d} = 0,7332.$$

Le rapport de ces valeurs est

$$\frac{0,7332}{0,3663} = 2,0001,$$

dont la racine carrée est 1,414.

Par conséquent, en élevant la température de l'air de 100 à 200°, c'est-à-dire en la doublant, on n'augmenterait au plus la vitesse que dans le rapport de 1,00 à 1,414.

De même, si l'on poussait la température dans la cheminée à 400°, on trouverait :

$$d = 0^{kil},5263$$

et

$$\frac{D-d}{d} = 1,4664.$$

Le rapport de cette valeur à celle qui correspond à $t = 100^0$ serait

$$\frac{1,4664}{0,3663} = 4,003,$$

dont la racine carrée est 2,00. Ainsi, en quadruplant la température, on n'augmenterait la vitesse d'écoulement que dans le rapport de 1 à 2,00.

On voit par là qu'outre les inconvénients que présente, pour l'utilisation de la puissance motrice de la chaleur, l'accroissement de la vitesse, ainsi que nous allons le montrer tout à l'heure, il y a un autre motif important à ne pas accroître au delà de certaines limites assez restreintes la température des cheminées d'appel.

111. *Table des densités de l'air à différentes températures.* — Quoique les températures soient, par les transformations précédentes, explicitement introduites dans les formules à la place des densités, il ne sera pas inutile, pour certains cas, de donner ici une table des valeurs des densités de l'air aux différentes températures, depuis 20^0 au-dessous de 0 jusqu'à 130^0 au-dessus.

On s'est servi pour le calcul de la formule

$$d = \frac{1,298}{1 \times 0,003665\, t}.$$

TABLE DES DENSITÉS DE L'AIR A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.
	k		k		k		k
— 20°	1,400	+ 18°	1,217	+ 56°	1,077	+ 94°	0,965
18	1,389	20	1,209	58	1,070	96	0,960
16	1,378	22	1,201	60	1,064	98	0,955
14	1,368	24	1,197	62	1,058	100	0,950
12	1,358	26	1.185	64	1,051	102	0,9448
10	1,347	28	1,177	66	1,045	104	0,9398
8	1,337	30	1,169	68	1,039	106	0,9348
6	1,327	32	1,161	70	1,033	108	0,9299
4	1,318	34	1,154	72	1,027	110	0,9251
2	1,311	36	1,146	74	1,021	112	0,9203
0	1,298	38	1,139	76	1,015	114	0,9155
+ 2	1,285	40	1,132	78	1,009	116	0,9108
4	1,279	42	1,124	80	1,004	118	0,9061
6	1,270	44	1,118	82	0,998	120	0,9015
8	1,261	46	1,111	84	0,992	122	0,8970
10	1,252	48	1,104	86	0,986	124	0,8925
12	1,243	50	1,097	88	0,981	126	0,8880
14	1,234	52	1,090	90	0,976	128	0,8836
16	1,226	54	1,083	92	0,970	130	0,8791

112. *Influence de la hauteur de la cheminée.* — La hauteur H de la cheminée entrant au numérateur à la première puissance sous le radical, il s'ensuit que l'influence de ce facteur sur la vitesse U n'est aussi proportionnelle qu'à la racine carrée de la hauteur de la cheminée; c'est ce que l'on sait déjà.

Il est vrai que cette hauteur entre implicitement dans la longueur L des conduits; mais comme ce terme n'a pas toujours une très-grande influence sur la valeur de la vitesse et que, dans le cas contraire, la hauteur H n'est plus qu'une fraction de la longueur L des conduits, la conséquence précédente reste sensiblement exacte. Nous en fournirons plus loin des exemples par quelques applications.

113. *Influence des termes du dénominateur de la valeur du volume d'air Q.* — Passons maintenant aux termes du dénominateur, et remarquons d'abord que tous ces termes sont positifs et tendent par conséquent à diminuer la vitesse U de l'air dans le conduit.

Il importe donc, pour la facilité de l'écoulement et pour l'énergie du tirage des cheminées ou des circulations d'air et de gaz dans les conduits, d'atténuer autant que possible la valeur de tous les termes qui entrent dans ce dénominateur.

Quant à ceux qui proviennent des forces vives perdues, on y parviendra

1° En facilitant l'entrée de l'air par des formes arrondies qui diminuent la contraction et donnent au coefficient m une plus grande valeur.

2° En évitant les coudes et les changements brusques de direction ; si l'on ne peut les supprimer, en arrondissant les angles de manière à atténuer la contraction et les dilatations de la veine fluide, qui en sont la conséquence.

3° En évitant tout élargissement du conduit qui ne serait pas tout à fait obligatoire.

4° Quant au terme relatif au frottement des parois, qu'il est impossible d'annuler, on fera en sorte que la surface de ces parois soit aussi unie que possible et ne présente point de saillies plus ou moins irrégulières, comme cela arrive trop souvent dans les constructions en maçonnerie.

L'état de poli plus ou moins grand des surfaces contre lesquelles l'air frotte doit avoir une influence considérable sur la valeur du coefficient β. On sait, en effet, d'après les expériences récentes de feu M. Darcy *, que, selon que les parois des tuyaux en fonte sont propres ou seulement recouvertes de ces dépôts légers de limon qui ne forment cependant pas une surface rugueuse, le coefficient du frottement de l'eau le long des parois passe de la valeur 0,000 433, relative aux tuyaux bitumés, à celle de 0,000 584 pour les tuyaux en fonte neuve, et à celle de 0,001 168 pour les tuyaux en fonte recouverts de dépôts **.

Il est donc fort probable que la valeur $\beta = 0{,}0032$ adoptée

---

* *Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux*, par H. Darcy, inspecteur général des ponts et chaussées.

** *Leçons de mécanique pratique-hydraulique*, 3e édit., page 168.

par MM. Girard, d'Aubuisson et Poncelet * pour le cas des tuyaux en fonte des conduites de gaz devrait être beaucoup plus élevée pour des conduites et pour des cheminées en maçonnerie. Des expériences faites à ce sujet par M. Péclet semblent indiquer qu'il en est réellement ainsi.

5° Le premier terme du dénominateur est relatif au cas où la cheminée est terminée par un orifice dont la section A_1 est plus petite que la section A du tuyau et donne lieu à une contraction dont le coefficient est m.

On voit que dans tous les cas la fraction $\frac{A}{m_1A_1}$ sera plus grande que l'unité, et que par conséquent l'emploi d'un semblable dispositif diminue la vitesse U dans la cheminée, et par suite le volume $Q = AU$ qu'elle peut débiter. Nous verrons plus loin dans quelles proportions.

114. *Économie dans la dépense de combustible qui peut résulter des proportions convenables des passages et des cheminées.* — La discussion des valeurs des différents termes qui entrent dans le dénominateur

$$K = \sqrt{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 + \left(1 - \frac{A}{O}\right)^2 + \frac{2SL\beta}{A}}$$

à laquelle nous venons de nous livrer nous a déjà montré qu'en diminuant la valeur de ces termes par des proportions convenables on pouvait augmenter le volume d'air écoulé et appelé par la cheminée.

Mais, outre cette influence des proportions et de la disposition des passages, la section A de la cheminée principale en exerce une bien plus prépondérante sur les volumes d'air. Il importe d'appeler l'attention sur cette section, car elle a une grande influence sur la dépense de combustible dans les appareils de ventilation.

En effet, si nous nous reportons à la valeur Q' du volume

---

* *Cours de Mécanique appliquée*, par M. Poncelet, édition lithographiée de l'école de Metz.

d'air à la température extérieure T, qui peut être évacué par seconde et qui est (n° **118**)

$$Q' = A\sqrt{\frac{1+aT}{K}}\sqrt{2gaH}\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}},$$

nous voyons que ce volume ne croissant que proportionnellement à la racine carrée de la hauteur H de la cheminée et à la racine carrée du facteur $\frac{t-T}{(1+at)^2}$, tandis qu'il augmente en proportion directe de la section transversale moyenne de la cheminée, il y a tout avantage à augmenter cette section plutôt qu'à faire croître la température de l'air dans la cheminée.

Ainsi, par exemple, si nous supposons successivement $t = 20^0$ et $t = 80^0$, la température extérieure T étant dans les deux cas supposée égale à 10^0, nous trouvons pour $t = 20^0$

$$\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}} = 2,946$$

pour $t = 80^0$

$$\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}} = 6,470;$$

de sorte que la température de l'air dans la cheminée ayant été accrue dans le rapport de 80^0 à 20^0 ou quadruplée, le volume d'air à la température extérieure appelé par la cheminée n'aurait augmenté que dans le rapport de 6,470 à 2,946 ou de 1 à 2,19; tandis que si la température dans la cheminée restant égale à 20^0 la section de cette cheminée avait été à peu près doublée ou accrue dans le rapport de 1 à 2,19, on aurait obtenu, sans augmentation de dépense journalière, à très-peu près le même résultat.

Or la consommation du combustible croît comme l'excès $t - T$ de température qu'il s'agit de communiquer à l'air évacué, et dans l'hypothèse précédente cet excès varie de 10^0 70^0. Par conséquent, pour obtenir le même résultat que produirait la dépense une fois faite de la construction d'une che-

minée dans le rapport de A à 2,19 A, il faudrait, avec une cheminée dont la section ne serait que A, dépenser en service journalier sept fois plus de combustible.

Cette comparaison met en évidence l'avantage que présentent les grandes sections au point de vue de l'économie de combustible.

Mais, en tenant grand compte de ces conséquences, il ne faut pas perdre de vue que la stabilité de la ventilation exige que les vitesses atteignent au moins 1 à 2 mètres dans les cheminées principales d'évacuation, et que le débouché de la cheminée soit disposé de manière à mettre leurs effets à l'abri de l'action variable des vents.

115. *Valeur des différents termes qui composent le dénominateur dans diverses hypothèses.* — Les dispositions locales et les proportions adoptées pour l'établissement d'une circulation d'air ne permettent pas toujours de réduire autant qu'il serait désirable les valeurs de ces termes; mais il est bon, en attendant que des expériences suffisamment exactes et complètes nous aient permis d'en déterminer l'influence, de chercher à l'apprécier approximativement. Examinons donc ces termes séparément.

1er Terme : $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$. Ce terme est relatif à la vitesse avec laquelle l'air s'échappe de la cheminée.

Si cette vitesse était la même que celle U de l'air dans la cheminée, on aurait

$$A = m_1 A_1$$

et par suite $\frac{A}{m_1 A_1} = 1$.

Mais il convient en général, pour assurer la stabilité de l'écoulement, que la vitesse de sortie V_1 soit supérieure à celle U qui a lieu dans le tuyau; et comme celle-ci atteint rarement 2 mètres, tandis que la vitesse V_1 doit être souvent

de 3 mètres et plus, il s'ensuit qu'en général on devra avoir

$$V_1 = \frac{3}{2} U = 1,5 U,$$

$$\text{et par suite } \frac{V_1}{U} = \frac{A}{m_1 A_1} = 1,50$$

$$\text{et } \left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 = 2,25.$$

2e TERME : $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$. Ce terme est relatif à la perte de force vive qu'éprouve l'air immédiatement après son entrée dans le tuyau, où il pénètre et prend la vitesse U. On pourrait le rendre à peu près nul, en disposant les contours de l'orifice de manière que la contraction y fût nulle, ou à très-peu près, ce qui donnerait

$$m = 1 \quad \text{et} \quad \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 = 0.$$

Mais ces dispositions n'étant presque jamais observées et le coefficient m de la contraction à l'entrée étant généralement estimé égal à 0,60*, il s'ensuit que

$$\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 = \left(\frac{1}{0,60} - 1\right)^2 = 0,444.$$

Il convient d'ailleurs d'ajouter que, dans les appareils de ventilation, on est très-souvent obligé de placer à l'entrée des conduits des grillages destinés à s'opposer à l'introduction des corps étrangers, et dont la présence accroît cette perte.

3e TERME : $\left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2$. Ce terme est relatif au cas où, après l'orifice d'entrée dans le tuyau, il se trouve une sec-

* Je crois, d'après des observations faites à l'occasion d'expériences sur la ventilation, que généralement le coefficient m n'est pas inférieur à 0,70 et à 0,80.

tion plus petite que celle de ce tuyau. Il se présente habituellement dans les cheminées d'appartement, dans les cas où l'appel est déterminé par une source de chaleur, telle qu'un foyer ordinaire, comme à Mazas, etc., ou par un récipient de vapeur ou d'eau chaude placé au bas de la cheminée. Ce terme peut acquérir une assez grande valeur, quand tout l'air doit passer non-seulement à travers la grille d'un foyer, mais encore à travers le combustible qui la recouvre. Dans ce dernier cas, qui a été l'objet d'études spéciales de plusieurs auteurs, et en particulier de M. Tresca, l'aire A′ de passage de l'air dans la cheminée est parfois le dixième de l'aire A de section de la cheminée.

Mais il y a lieu de remarquer que, dans beaucoup de cas, et en particulier pour les cheminées ordinaires, le terme $\left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2$ remplace le terme $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$ qui serait relatif à la perte de force vive qui se produirait dans une cheminée sans rétrécissement.

Dans des cas pareils, il ne doit subsister dans la formule que l'un ou l'autre de ces deux termes. Au contraire, dans les cheminées où l'on brûle de la houille ou du coke, le terme $\left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2$, relatif au passage de l'air à travers la grille, et le terme $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$, relatif au passage de l'air chaud du foyer dans la cheminée, doivent subsister simultanément dans la formule.

Il est donc important d'examiner ce qui a lieu pour chaque question particulière.

Nous admettrons successivement et comme exemples que l'on ait

$$\frac{A}{m'A'} = 2$$

et

$$\frac{A}{m'A'} = 10;$$

le troisième terme qui nous occupe prendra alors les valeurs

$$\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2=1$$

$$\text{et}\ \left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2=81,$$

cette dernière étant relative au cas d'un foyer d'aérage où la totalité de l'air devrait traverser le combustible destiné à l'échauffer.

4ᵉ Terme : $\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$. Il provient des pertes de force vive qui ont lieu à chaque coude. Il est rare qu'on puisse en éviter tout à fait l'influence. Les cheminées d'évacuation de l'air dans les lieux ventilés présentent au moins un coude, et, dans un ensemble de circulation d'air, il y en a presque toujours trois ou quatre.

En admettant ce dernier nombre et en supposant que $m''=0,70$, ce qui est une supposition favorable, le terme $\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$ devra être répété quatre fois et entrera dans le dénominateur pour la valeur

$$4\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2=4\left(\frac{1}{0,70}-1\right)^2=0,732.$$

5ᵉ Terme : $\left(1-\frac{A}{O}\right)^2$. Ce terme est relatif à la perte de force vive qu'occasionne tout rélargissement.

Il est bien rare que l'effet que ce terme représente ne se produise pas une ou plusieurs fois. Lorsque l'on considère un ensemble de circulation d'air, cet effet a toujours lieu dans la cheminée générale d'évacuation, au débouché des tuyaux d'arrivée.

La plus grande valeur de ce terme correspond au cas où l'aire O de la section élargie serait assez grande par rapport

à celle A du tuyau pour que l'on pût regarder $\frac{A}{O}$ comme nul. On aurait alors

$$\left(1-\frac{A}{O}\right)^2=1.$$

Nous supposerons seulement :

$$\frac{A}{O}=\frac{1}{2} \quad \text{et} \quad \left(1-\frac{A}{O}\right)^2=0,25.$$

6e Terme. Enfin le dernier terme $\frac{2SL\beta}{A}$ provient du frottement de l'air dans les conduits.

Lorsque la cheminée est à section circulaire, on a :

$$\frac{S}{A}=\frac{4}{D}$$

et ce terme prend la forme :

$$\frac{8L\beta}{D}.$$

Comme nous l'avons déjà dit, le coefficient β a été jusqu'ici principalement déterminé par l'expérience pour des conduits métalliques, et M. Poncelet, en discutant les recherches de MM. Girard et d'Aubuisson, a admis la valeur $\beta=0,0032$.

De nouvelles recherches seraient nécessaires pour savoir quelle est la valeur qui conviendrait pour des cheminées en maçonnerie. Nous pensons qu'en attendant les résultats qu'elles fourniront, on peut admettre la valeur $\beta=0,01$ pour la surface rugueuse des cheminées. Cette valeur coïncide à très-peu près d'ailleurs avec celle que l'on déduit des expériences de M. Péclet.

Le rapport $\frac{L}{D}$ dépend des conditions locales ; il atteint

quelquefois, mais surpasse rarement, pour les cheminées de ventilation, la valeur

$$\frac{L}{D} = 30.$$

D'après ces évaluations, le terme $\frac{8L}{D}\beta$ serait alors égal à

$$8 \times 30 \times 0{,}01 = 2{,}40.$$

En récapitulant ces appréciations dont plusieurs, ainsi que nous l'avons dit, devraient être modifiées selon les cas, nous trouvons pour le dénominateur sous le radical de la valeur de la vitesse U que l'air doit prendre dans le tuyau selon les hypothèses de

$$\frac{A}{m'A'} = 10.$$

ou de

$$\frac{A}{m'A'} = 2$$

1er terme $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$..........	2,250	2,250
2e terme $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$..........	0,444	0,444
3e terme $\left(\frac{A}{m'A'} - 1\right)^2$........	1,000	81,000
4e terme $\left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 \times 4$.....	0,739	0,739
5e terme $\left(1 - \frac{A}{O}\right)^2$...........	0,250	0,250
6e terme $\frac{2SL\beta}{A}$...............	2,400	2,400
Total........	7,083	87,083

Ainsi le dénominateur de la valeur de la vitesse de l'air dans une cheminée peut, par l'effet des pertes de force vive et du frottement, et surtout par la disposition de son arrivée dans la cheminée, varier avec les données précédentes de 7,083 à 87,083. En introduisant ces valeurs dans

la formule du n° **106** qui donne la vitesse U, elle devient pour le premier cas,

$$U = 0{,}3756\sqrt{\frac{2g(D-d)}{d}H} = 0{,}3756\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}$$

et pour le second

$$U = 0{,}1071\sqrt{\frac{2g(D-d)}{d}H} = 0{,}1070\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}$$

Si les pertes de force vive étaient nulles ainsi que les frottements, la vitesse aurait pour valeur celle de la quantité comprise sous le radical, et l'on voit par les applications numériques ci-dessus que cette vitesse peut, selon les cas, être réduite aux $\frac{2}{5}$ ou au $\frac{1}{10}$ de cette valeur.

Ce coefficient de réduction dépendant d'ailleurs dans chaque cas des données particulières, il importe d'introduire dans le dénominateur de la formule générale les valeurs particulières de chacun des termes qui le composent.

Parmi ces termes, celui qui présente encore le plus d'incertitude, c'est le terme relatif au frottement de l'air contre les parois de la cheminée, pour la détermination duquel de nouvelles expériences nous semblent nécessaires; mais on verra cependant, par les applications que nous ferons plus loin de cette formule, que la valeur $\beta = 0{,}01$ paraît déjà conduire à des résultats assez voisins de l'observation pour qu'on puisse l'admettre au moins jusqu'à de nouvelles recherches.

116. *Température de l'air évacué correspondante au maximum de poids de cet air.* — Il convient de remarquer que l'expression précédente de la vitesse d'écoulement U qui s'établit dans la cheminée et celle du volume Q qui passe par cette cheminée sont toutes deux relatives à de l'air à la température t qui a lieu dans cette cheminée.

La forme de ces deux expressions montre évidemment que cette vitesse et ce volume croissent indéfiniment avec la tem-

pérature de cet air, et il semblerait donc qu'il y aurait avantage à augmenter de plus en plus cette température.

Mais il faut remarquer que ce n'est pas le volume de l'air qui sort par la cheminée qu'il importe d'augmenter, mais bien celui de l'air qui est introduit dans les conduits qui y aboutissent. Ainsi, dans le cas particulier de la ventilation, c'est le volume d'air vicié appelé par la cheminée et évacué de la salle qu'il faut rendre le plus grand possible, toutes choses égales d'ailleurs.

Or, si nous désignons ce volume par Q' et sa densité par D le poids de l'air entré dans les conduits devant être égal au poids de celui qui en est sorti, nous aurons la relation

$$dQ = DQ'$$

d'où

$$Q' = \frac{dQ}{D} = \frac{1+aT}{1+at}Q;$$

par conséquent la formule précédente, qui nous donne le volume d'air Q à la température t pourra être mise sous la forme

$$Q' = \frac{dA}{DK}\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}} = A\sqrt{\frac{1+aT}{K}}\sqrt{2gaH}\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}}$$

en désignant par K le dénominateur qui est indépendant de la température.

Sous cette forme, on voit que le volume Q' d'air à la température T qui sera évacué des salles peut être susceptible d'une valeur maximum correspondante à une certaine température t de celui qui sort de la cheminée qu'il ne conviendra par conséquent pas de dépasser. Ce maximnm répond évidemment à celui du facteur $\frac{t-T}{(1+at)^2}$.

En posant

$$1+at = x$$

d'où

$$t = \frac{x-1}{a}$$

cette fraction prend la forme

$$\frac{x-1+aT}{ax^2}=\frac{1}{a}\left\{\frac{1}{x}-\frac{1+aT}{x^2}\right\}$$

dont le maximum est fourni par la relation

$$-\frac{1}{x^2}+\frac{2(1+aT)}{x^3}=0$$

ou par

$$-x+2(1+aT)=0$$

d'ou l'on déduit

$$t=\frac{1+2aT}{a}.$$

Si la température extérieure T était égale à 0, cette valeur de la température maximum se réduirait à

$$t=\frac{1}{a}=\frac{1}{0,003665}=272^\circ$$

pour $T=10^0$ on trouverait

$$t=292^\circ.$$

117. *Observation sur cette limite.* — On remarquera que cette limite de la température que l'air peut prendre avec avantage dans la cheminée d'évacuation est absolue et complétement indépendante de la forme et des dispositions des appareils de circulation dont les proportions n'influent que sur le facteur constant

$$A\sqrt{\frac{1+aT}{K}}\sqrt{2gH}$$

de l'expression

$$Q'=A\sqrt{\frac{1+aT}{K}}\sqrt{2gaH}\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}}$$

de sorte qu'elle est la même quelles que soient les proportions et la hauteur même de la cheminée.

118. *Valeur du volume d'air maximum à la température extérieure* T *que peut faire évacuer un dispositif donné.* — En substituant dans la valeur du volume Q' celle de $t = \frac{1+2aT}{a}$ qui correspond au maximum, le facteur $\sqrt{\frac{t-T}{(1+at)^2}}$ devient

$$\sqrt{\frac{\frac{1+2aT}{a}-T}{1+(2+2aT)^2}} = \sqrt{\frac{1}{2a(1+aT)}}$$

et l'on a pour le volume maximum Q' qui peut être évacué par l'appareil considéré

$$Q' = \frac{A}{K}\sqrt{\frac{gH}{2}}$$

Sous cette forme l'expression du volume d'air à la température extérieure T met en évidence l'influence de la hauteur de la cheminée, et surtout l'influence prépondérante de la section de la cheminée, puisque ce volume croît en proportion directe de cette section, et seulement comme la racine carrée de la hauteur de la cheminée.

119. *Observation sur la température des cheminées des fourneaux de chaudières à vapeur.* — Il est assez remarquable que la limite de la température correspondante au volume maximum d'air à la température extérieure T dont la cheminée détermine l'appel, et qui

pour $T = 0$ est $t = 272°$

et pour $T = 10°$ est $t = 292°$

soit à très-peu près d'accord avec la température moyenne qui s'établit dans les cheminées de chaudières à vapeur que l'expérience a conduit à proportionner de telle sorte que la température y soit en moyenne de 300°.

M. Péclet, dans la deuxième édition de son *Traité de la chaleur* (vol. I, pages 165 et suiv.) s'était occupé de la re-

cherche de la température correspondante au maximum du volume d'air appelé par les cheminées, et il était parvenu au résultat que nous venons d'indiquer ; mais les formules qui, dans la troisième édition du même ouvrage, sont substituées à celles de la deuxième, étant inexactes, elles l'ont conduit à supprimer cette recherche et ses conséquences, dont il n'est plus question dans la troisième édition.

120. *Représentation graphique des formules.* — Les formules des nos **106** et **107**, qui donnent la vitesse U et le volume Q de l'air chaud évacué dans la cheminée, peuvent être mises sous la forme

$$U = \frac{\sqrt{\frac{2gaH}{1+aT}}\sqrt{t-T}}{K}$$

ou

$$U^2 = \frac{2gaH}{K^2(1+aT)}(t-T)$$

et

$$Q = AU = \frac{A}{K}\sqrt{\frac{2gaH}{1+aT}}\sqrt{t-T}$$

ou

$$Q^2 = \frac{A^2}{K^2}\frac{2gaH}{(1+aT)}(t-T)$$

en représentant, comme nous l'avons fait aux nos **116** et suivants, par K le dénominateur indépendant des températures.

Sous ces formes, qui sont celles des équations de deux paraboles à coordonnées rectangulaires passant par l'origine, elles font voir que la vitesse et le volume de l'air chaud écoulé sont les ordonnées de deux paraboles dont les abscisses sont les excès de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure T de l'air atmosphérique. Cette remarque pourra servir à vérifier les conséquences de la théorie par la représentation graphique des résultats de l'expérience.

Quant à la formule qui exprime le volume d'air à la température extérieure T et qui est

$$Q' = \frac{A\sqrt{1+aT}}{K}\sqrt{2gaH}\,\frac{\sqrt{t-T}}{(1+at)^2}$$

puisque ce volume est susceptible d'une valeur maximum, si on le représente aussi par une courbe dont les abscisses soient la quantité $\frac{(t-T)}{(1+at)^2}$ et les ordonnées les valeurs de Q'^2 il est évident que pour la valeur de l'abscisse supérieure à

$$\left(\frac{t-T}{1+at}\right)^2 = \frac{1}{2a(1+aT)},$$

que nous avons trouvée précédemment, celles de Q' ira en décroissant.

121. *Observations relatives au cas où l'air se refroidit notablement dans la cheminée.* — Les formules précédentes sont toutes établies dans l'hypothèse qu'il règne dans la cheminée une température moyenne assez approximativement uniforme pour qu'on puisse faire abstraction des différences qui peuvent exister entre le haut et le bas de cette cheminée.

Cela est à très-peu près exact dans les cheminées en maçonneries, dans lesquelles la circulation d'air est régulièrement établie, mais il n'en est pas à beaucoup près de même lorsqu'une cheminée en tôle ou en zinc, sans enveloppe, permet à l'air chaud introduit à sa partie inférieure de se refroidir rapidement. L'on conçoit dès lors que les pertes de chaleur croissant avec la température et acquiérant sur l'effet de la puissance motrice une influence de plus en plus sensible, le volume d'air chaud évacué, ainsi que sa vitesse, ne doivent plus suivre une loi représentée par une courbe parabolique. C'est en effet ce qui arrive, comme je le ferai voir par la discussion des résultats d'observations dues à divers expérimentateurs.

122. *Applications à divers cas particuliers.* — Appliquons maintenant la formule générale du nº **106** à divers cas particuliers, en commençant par les plus simples.

Tuyaux courts. — Si le tuyau est assez court pour que l'on puisse négliger le frottement ainsi que la perte de force vive à l'entrée et s'il ne présente ni coudes, ni étranglements, la formule se réduit à

$$U = \sqrt{\frac{2g\frac{(D-d)}{d}H}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2}} = \frac{m_1A_1}{A}\sqrt{2g\frac{D-d}{d}H}$$

$$= \frac{m_1A_1}{A}\sqrt{\frac{2ga(t-T)H}{1+aT}}$$

ou plus simplement

$$U = \frac{m_1A_1}{A}\sqrt{2ga\,(t-T)H}$$

en supposant, comme on peut le faire presque toujours pour les applications à la ventilation, que $1+aT$ diffère peu de l'unité.

Sous cette forme, elle montre que la réduction de la vitesse U occasionnée par le rétrécissement du tuyau à son extrémité sera toujours d'autant plus grande que le coefficient m_1 et l'orifice A_1 du débouché seront plus petits.

Lorsque la cheminée est terminée par un ajutage conique, pour lequel $m_1 = 0,93$ ou $0,96$ et différerait par conséquent assez peu de l'unité, la formule indiquerait que la vitesse U serait alors réduite à peu près dans le rapport des aires des sections de passage. L'expérience nous a donné, pour ce cas, une réduction moindre, mais pour celui où l'ajutage serait un cône dont les arêtes seraient inclinées à 45° environ sur l'axe, ce qui peut correspondre à un cofficient de contrac-

tion égal à 0,75 ou 0,80, elle indique une vitesse à peu près proportionnelle à cette section de passage *.

123. *Cheminée droite.* — S'il s'agit d'une cheminée verticale sans coude, comme celles en tôle qui ont servi aux expériences du Conservatoire, sur l'aspiration produite par la combustion du gaz, la formule devient pour le cas où le tuyau débouche dans l'air à gueule-bée

$$U = \sqrt{\frac{2g\,\frac{(D-d)}{d}\,H \quad \text{ou} \quad \frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{2\,SL}{A}\,\beta}}$$

$$= \sqrt{\frac{2g\,\frac{(D-d)}{d} \quad \text{ou} \quad \frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8\,L}{D'}\,\beta}}$$

attendu que

$$\frac{S}{A}=\frac{4}{D'}$$

D' étant le diamètre du tuyau.

La valeur du coefficient m à l'entrée du tuyau est ordinairement estimée égale à 0,60, cependant nos expériences sur les ventilateurs aspirants nous ont indiqué celle de 0,80. Nous continuerons malgré cela et jusqu'à plus ample étude à faire $m=0{,}60$ et pour les tuyaux en tôle à surface unie qui ont servi à nos expériences nous ferons

$$\beta=0{,}0032.$$

La formule deviendra alors pour ce cas

$$U=\sqrt{\frac{2g\frac{(D-d)}{d}\,H}{1{,}445+0{,}0256\,\frac{L}{D'}}}=\sqrt{\frac{2gaH\,\frac{(t-T)}{1+aT}}{1{,}445+0{,}0256\,\frac{L}{D'}}}.$$

---

* *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, avril 1861, page 72.

Sous cette forme, elle montre, comme la formule générale, que la vitesse d'écoulement croît :

1° Proportionnellement à la racine carrée de la hauteur de la cheminée ;

2° Proportionnellement à la racine carrée du rapport $\frac{D-d}{d}$ qui est celui de l'excès de la densité de l'air extérieur sur la densité de l'air intérieur à la densité de cet air extérieur, ou proportionnellement à la racine carrée du rapport $\frac{t-T}{1+aT}$ ou à peu près à la racine carrée de la différence $t-T$ des températures ;

3° En raison inverse de la racine carrée d'un dénominateur dans lequel le terme $1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2$ a au plus pour valeur 1,445 et où le terme $0{,}0256\,\frac{L}{D}$ relatif au frottement peut acquérir une valeur au moins égale et parfois supérieure.

Car si le rapport de la longueur de la cheminée, supposée en tôle, à son diamètre atteint seulement la valeur $\frac{L}{D}=50$, l'on a

$$0{,}0256\,\frac{L}{D'}=1{,}28\,;$$

tandis que $1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2$ atteint à peine la valeur 1,445 et reste presque toujours bien inférieur. Il convient même de rappeler que, pour les cheminées en maçonnerie, le coefficient β de la résistance des parois doit atteindre probablement une valeur bien supérieure à 0,0032 et que l'on ne doit

guère estimer au-dessous de $\beta = 0{,}01$ ce qui donnerait à la formule l'expression

$$U = \sqrt{\frac{2g\frac{(D-d)}{d}H}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+0{,}08\frac{L}{D'}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+0{,}08\frac{L}{D'}}},$$

qui pour $m = 0{,}60$ devient

$$U = \sqrt{\frac{2g\frac{(D-d)}{d}H}{1{,}445+0{,}08\frac{L}{D'}}} = \sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1{,}445+0{,}08\frac{L}{D'}}}:$$

de sorte que si $\frac{L}{D} = 50$ la formule deviendrait

$$U = \sqrt{\frac{2ga\frac{H(t-T)}{1+aT}}{2{,}4}}$$

124. *Examen d'une formule pratique.* — M. Péclet, dans la première édition de son *Traité de la chaleur* (pages 242 et suiv.), avait cru pouvoir déduire des expériences qu'il avait faites sur des cheminées cylindriques verticales les formules suivantes pour déterminer la vitesse moyenne de l'air :

Cheminée en terre cuite.............. $U = 8{,}85\sqrt{\frac{aDH(t-T)}{L+4D'}}$

Cheminée en tôle.................... $U = 14{,}00\sqrt{\frac{aDH(t-T)}{L+10D'}}$

Cheminée en fonte................... $U = 19{,}80\sqrt{\frac{aDH(t-T)}{L+20D'}}$

Depuis il a reconnu (3ᵉ édit., 1ᵉʳ vol., p. 200) que le mode d'observation, de la vitesse qu'il avait employé, faute d'ané-

momètres, était trop imparfait pour conduire à des résultats exacts, et il n'a pas reproduit ces formules.

Mais quelques ingénieurs praticiens ont cherché à les modifier en faisant varier les coefficients de manière à représenter, avec une exactitude suffisante, les résultats de l'expérience. Avant de parler des formules usuelles auxquelles ils sont parvenus, il est bon de remarquer que la formule théorique du n° **122**, précédent, peut être mise sous la forme

$$U=\sqrt{\frac{\frac{2ga}{8\beta}D'H(t-T)}{\frac{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2D'+L}{8\beta}}}$$

125. *Formule pratique déduite des considérations théoriques précédentes.* — D'après cela, si nous admettons simplement dans cette formule du n° **122** la valeur $\beta=0{,}01$, en supposant $m=0{,}65$, nous trouvons d'abord

$$\left(\frac{1}{m}-1\right)=0{,}538$$

et par suite

$$\sqrt{\frac{2ga}{8\beta}}=0{,}9481$$

et

$$\frac{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2}{8\beta}=16{,}11,$$

ce qui conduirait à la formule pratique

$$U=0{,}9481\sqrt{\frac{D'H(t-T)}{L+16{,}11D'}}$$

Or l'expérience d'un grand nombre de constructions a conduit l'ingénieur de la maison L. Duvoir à reconnaître que la formule de M. Péclet fournissait, pour la vitesse U, des valeurs trop grandes, et que, pour représenter les résultats

des expériences et des observations faites dans les appareils établis par cette maison, il fallait employer la formule

$$U = \sqrt{\frac{D'H(t-T)}{L+16D'}}$$

qui est presque identiquement celle à laquelle nous venons de parvenir par des considérations théoriques directes, en supposant $\beta = 0{,}01$.

126. *Applications numériques de la formule relative aux cheminées droites.* — Dans le cas supposé au n° **122**, si la cheminée est verticale, sa longueur L est égale à sa hauteur H, et la formule peut être mise sous la forme

$$U = \sqrt{\frac{2ga(t-T)}{(1+aT)\left\{\frac{1{,}445}{H}+\frac{0{,}0256}{D'}\right\}}},$$

si l'on prend $\beta = 0{,}0032$

ou $$U = \sqrt{\frac{2ga(t-T)}{(1+aT)\left\{\frac{1{,}445}{H}+\frac{0{,}08}{D'}\right\}}},$$

si $\beta = 0{,}01$

Elle montre :

1° Que, malgré l'influence du frottement, la vitesse augmente toujours avec la hauteur de la cheminée ;

2° Que, par suite du terme relatif au frottement, le dénominateur est d'autant plus grand que le diamètre est plus petit et que la vitesse diminue en même temps que le diamètre dans une proportion, qui est d'autant plus grande que le terme du dénominateur $\frac{1{,}445}{H}$ est plus petit ou que la hauteur de la cheminée est plus grande.

D'où il suit qu'il convient :

1° De donner aux cheminées une hauteur suffisante pour que la vitesse et le mouvement acquièrent la stabilité nécessaire.

2° D'augmenter leur diamètre en même temps que leur hauteur.

Pour reconnaître par des valeurs numériques l'influence de la cheminée dans un pareil cas, supposons les données constantes suivantes :

$t=40^0, \quad T=10^0, \quad a=0,003665, \quad 2g=19^m,62, \quad D=1^m,00,$

et faisons varier seulement la hauteur H; la formule deviendra :

pour $\beta=0,0032$,

$$U=\sqrt{\frac{2ga(t-T)}{(1+aT)\left\{\frac{1,445}{H}+\frac{0,0256}{D'}\right\}}}=\sqrt{\frac{2,08}{\frac{1,445}{H}+0,0256}}$$

et pour $\beta=0,01$

$$U=\sqrt{\frac{2,08}{\frac{1,445}{H}+0,08}}$$

En y faisant successivement

$H_1=5^m$; $H_2=10^m$; $H_3=20^m$; $H_4=25^m$; $H_5=30$

on trouve pour la valeur de la vitesse U :

si $\beta=0,0032$

$U_1=2^m,571$; $U_2=3^m,497$; $U_3=4^m,611$; $U_4=5^m,000$; $U_5=5^m,308$

et pour $\beta=0,0100$

$U_1=2^m,373$; $U_2=3^m,042$; $U_3=3^m,696$; $U_4=3^m,887$; $U_5=4^m,028$.

En comparant les vitesses aux hauteurs qui les ont pro-

duites, l'on voit que quand les hauteurs ont augmenté dans les rapports

$$\frac{H_2}{H_1}=2 \quad \frac{H_3}{H_1}=4 \quad \frac{H_4}{H_1}=5 \quad \frac{H_5}{H_1}=6$$

les vitesses ne se sont accrues que de

$$\frac{U_2}{U_1}=1,36 \quad \frac{U_3}{U_1}=1,793 \quad \frac{U_4}{U_1}=1,93 \quad \frac{U_5}{U_1}=2,067,$$

si $\beta=0,0032$

et de $\frac{U_2}{U_1}=1,28 \quad \frac{U_3}{U_1}=1,55 \quad \frac{U_4}{U_1}=1,63 \quad \frac{U_5}{U_1}=1,69,$

si $\beta=0,0100.$

L'on remarquera en passant qu'en augmentant la hauteur d'une cheminée de 25 mètres jusqu'à 30 mètres, la vitesse ne s'accroîtrait que de 5 mètres à $5^m,308$, ou dans le rapport :

de $\frac{5,308}{5,000}=1,061$ ou de $\frac{2}{16}$ environ,

si $\beta=0,0032,$

et de $\frac{4,028}{388,7}=1,037$ ou de $\frac{1}{27}$ environ,

si $\beta=0,0100.$

127. *Influence du diamètre d'une cheminée sur la vitesse* — Si, avec les mêmes données, nous supposons qu'on fasse varier le diamètre de la cheminée et que nous le portions de 1 à 2 mètres, nous trouvons pour la vitesse

dans le cas de $H=20^m,00 \quad H=5^m,00$

$U=4^m,946 \quad U=2^m,625$

si $\beta=0,0032$

et $U=4^m,695 \quad U=2^m,595,$

si $\beta=0,01.$

Ces vitesses sont à celles que nous avons trouvées pour $D = 1^m,00$ et les mêmes hauteurs (nº **125**) dans les rapports

de $\frac{2^m,625}{2^m,571} = 1,020$; $\frac{4^m,946}{4^m,611} = 1,074$;

$\frac{2,595}{2,373} = 1,093$; $\frac{4,695}{3,695} = 1,273$;

ce qui montre combien l'influence du diamètre sur la vitesse est faible et que l'augmentation de cette dimension diminue très-peu la vitesse par l'effet de l'augmentation de la surface des parois.

Mais il n'en est pas de même quant au volume d'air évacué, qui croît comme la section de la cheminée ou comme le carré de son diamètre, et, par conséquent, l'on voit qu'en doublant le diamètre d'une cheminée d'appel ou d'évacuation, toutes choses égales d'ailleurs, l'on peut à peu près quadrupler le volume d'air évacué. L'on trouverait de même qu'en portant le diamètre de 1 mètre à $1^m,434$, ou en l'augmentant dans le rapport de ces deux nombres, on doublerait la section de la cheminée et le volume d'air évacué, sans changer notablement la vitesse de l'air.

Il résulte de là que, quand on aura constaté sur une cheminée donnée, avec des différences de température connues, le volume d'air évacué, pour faire varier ce volume dans une proportion voulue, il suffira toutes choses égales d'ailleurs, d'augmenter la section de la cheminée dans le même rapport, ce qui souvent est beaucoup plus facile et moins cher que d'accroître la hauteur de la cheminée de manière à obtenir le même résultat.

128. *Influence de la température.* — Supposons maintenant que nous recherchions l'influence que peut exercer l'excès de la température dans la cheminée sur la température extérieure. Il est clair que la vitesse croissant comme la racine carrée du facteur $t - T$, pour doubler cette vitesse, il faudrait quadrupler cet excès de température.

Ainsi, par exemple, si $T=10^0$, pour avoir avec les hauteurs précédentes des vitesses doubles de celles que nous avons trouvées dans l'hypothèse de $t=40^0$ ce qui donne

$$t-T=30^0,$$

il faudrait avoir

$$t-10=30^0\times4=120^0$$

ou

$$t=130^0$$

Cette température dans les cheminées d'appel ne pourrait être obtenue avec des appareils de circulation d'eau chaude, ni avec des appareils échauffés à la vapeur, sans employer des pressions que la prudence ne permet pas d'admettre. Ce n'est qu'à l'aide du chauffage direct par des foyers d'appel que l'on pourrait atteindre ces vitesses, et alors la dépense croîtrait aussi dans un rapport considérablement plus grand que celui des vitesses. Il n'y a donc pas, pour les deux premiers modes de chauffage, possibilité, ni, pour le troisième, économie à chercher à augmenter au delà d'une limite assez restreinte la vitesse par l'accroissement de la température de l'air dans la cheminée.

129. *Nécessité de se ménager une assez grande latitude dans la température de la cheminée d'appel.* — Il convient d'ailleurs de remarquer que les circonstances dans lesquelles on veut faire agir la ventilation pouvant varier, soit quant au volume d'air à évacuer, soit par l'effet des changements que subit la température extérieure T, il faut se réserver dans la fixation de l'état de marche normale une certaine latitude qui, sans moyens auxiliaires, puisse se prêter aux éventualités. Ainsi les proportions des cheminées de ventilation devront être calculées d'après la température moyenne et en admettant, par exemple, pour l'excès de la température intérieure sur la température extérieure, la valeur de 20^0, afin que, si cette dernière s'élevait à 20^0, il suffise de porter à 40^0 celle de l'air

chaud dans la cheminée d'appel, ce qu'il est possible d'obtenir, soit avec l'eau chaude, soit avec la vapeur et, *à fortiori*, avec un foyer auxiliaire à chauffage direct.

130. *Nécessité de limiter les vitesses et, par suite, l'intensité de la chaleur.* — Si nous nous reportons d'ailleurs à l'équation générale du mouvement de l'air dans un système de conduits où il circule par appel, nous voyons que l'effet utile final qui est représenté par la moitié de la force vive que possède l'air à sa sortie a pour expression

$$\frac{1}{2}MV_1^2 = (D-d)AHU - \frac{1}{2}M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 U^2 - \frac{1}{2}M\left(\frac{A}{m^1A'}-1\right)^2 U^2$$

$$-\frac{1}{2}M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2 U^2 - \frac{1}{2}M\left(1-\frac{A}{O}\right)^2 U^2 - \frac{dSL}{g}\beta U^3$$

Le but de tout appareil mécanique devant être d'utiliser le mieux possible le travail moteur qui le fait fonctionner, il convient ici, comme dans tous les autres cas, de chercher les moyens d'en diminuer les pertes inutiles et de rapprocher l'effet utile $\frac{1}{2}MV_1^2$ de la valeur de

$$(D-d)AHU^{km},$$

qui est celle de ce travail moteur.

Tous les autres termes du second membre de la relation précédente étant soustractifs, il est évident qu'il faut s'efforcer d'en diminuer la valeur ; or, ils croissent tous proportionnellement au carré de la vitesse, et le dernier proportionnellement au cube de la même vitesse, tandis que le travail moteur n'augmente que proportionnellement à la simple vitesse.

Il y a donc, sous ce rapport, tout avantage à diminuer la vitesse générale que l'air prend dans la conduite, attendu que le volume d'air écoulé $Q = AU$ étant proportionnel à l'aire A de la section transversale du conduit, l'on peut tou-

jours lui conserver la même valeur, en faisant croître cette aire en raison inverse de U.

Il en est de même du travail moteur (D — d) AHU auquel on peut, tout en renfermant la vitesse U et la différence

$$(D-d)=\frac{a(t-T)\times 1.3}{(1+aT)(1+at)}$$

dans des limites convenablement restreintes, conserver la valeur nécessaire en augmentant la section de passage A et la hauteur de la cheminée.

151. *Vitesse d'introduction de l'air dans les salles.* — D'une autre part, si le débouché de la conduite a lieu sans rétrécissement dans des salles habitées, auquel cas U est la vitesse d'introduction de l'air dans les salles, il convient aussi d'en limiter la valeur, afin que l'affluence de cet air, chaud l'hiver et frais l'été, ne donne jamais lieu à des inconvénients que l'on reproche souvent avec raison à divers systèmes de calorifères; et, comme la vitesse U est déterminée précisément dans le cas actuel par la température à laquelle l'air est élevé, il s'ensuit aussi que cette température doit être très-limitée.

L'expérience montre que dans la saison du chauffage l'on peut, sans inconvénient, introduire l'air dans les salles habitées à des températures de 35 à 40° et même 45° à des vitesses de $0^m,80$, $1^m,00$, $1^m,30$, que l'on obtient facilement par des appareils bien proportionnés, pourvu que la direction du courant soit telle qu'elle ne rencontre pas les individus placés dans la salle et qu'elle tende au contraire à déterminer dans la masse d'air un mouvement de circulation, qui en assure partout le renouvellement.

Des températures plus élevées et des vitesses plus grandes, telles qu'on les rencontre dans divers appareils, outre les pertes de travail moteur auxquelles elles donnent lieu, sont parfois très-incommodes.

Il convient aussi de rappeler que des courants d'air chaud à 35 ou 40° sont désagréables à ressentir, même quand ils

sont très-divisés, ce qui ne permet pas de faire arriver l'air directement sur les individus présents dans la salle.

132. *Vitesse d'évacuation de l'air au débouché des cheminées.* — Quant à la vitesse avec laquelle l'air doit s'échapper des cheminées, s'il est encore vrai que, dans l'intérieur de la cheminée, il convienne de renfermer cette vitesse dans des limites telles que la perte de force vive et le frottement y soient aussi faibles que possible, il faut aussi qu'au débouché de la cheminée l'air ait assez de vitesse pour assurer au courant une stabilité suffisante, afin de mettre l'échappement et la circulation de l'air dans tout le système à l'abri de l'action perturbatrice des vents extérieurs.

L'on peut atteindre ce but en terminant la cheminée, comme nous l'avons supposé dans l'examen théorique précédent du mouvement de l'air, par un ajustage tronc-conique ou pyramidal disposé de façon que la contraction de la veine fluide à son passage par cet orifice y soit la moindre possible.

L'on verra en effet, aux nos **187** et suivants, que l'emploi d'un semblable dispositif augmente notablement la vitesse d'échappement quand la quantité de chaleur développée reste la même. Mais il ne faut pas abuser de ce moyen, car les mêmes recherches ont, d'accord avec la théorie, montré que tout rétrécissement du débouché d'un tuyau diminuait le volume d'air écoulé.

A ce moyen l'on peut ajouter divers dispositifs qui, en mettant matériellement le débouché de la cheminée à l'abri du vent, utiliseraient même en partie son action pour aider au tirage de la cheminée.

L'observation montre que, dans les cheminées d'évacuation de l'air, la vitesse moyenne peut sans inconvénients atteindre vers les parties supérieures 2 mètres et 3 mètres par seconde et même plus au débouché.

Mais, dans les conduits intérieurs, il conviendra encore de la limiter, quand on le pourra, à $0^m,80$ ou 1 mètre au plus, pour ne pas donner lieu à des pertes de force vive et à des

résistances trop grandes de la part des parois et surtout aussi pour se réserver les moyens de l'accroître, sans trop de difficultés, à certains moments qu'il faut prévoir.

L'on assurera d'ailleurs l'évacuation du volume d'air fixé en donnant aux cheminées et aux conduits des sections suffisantes en rapport avec la vitesse adoptée.

Il est enfin nécessaire de ne pas perdre de vue que, si l'air doit s'échauffer dans une partie de la cheminée par son contact avec des corps chauds, il faut qu'il circule dans cette partie avec une lenteur suffisante pour que sa température s'élève convenablement.

Les expériences relatées aux nos **187** et suivants, montrent combien la température s'élève quand le mouvement se ralentit.

C'est pour atteindre le même but que les constructeurs d'appareils de chauffage et de ventilation disposent souvent sur les passages de l'air des obstacles appelés *chicanes* destinés à ralentir son mouvement.

Mais ils oublient trop souvent qu'il en résulte aussi des obstacles pour la ventilation. Il serait préférable, en général, d'augmenter le développement des surfaces chaudes que l'air doit toucher pour s'échauffer.

133. *Examen de quelques ventilations spéciales.* — Le travail développé dans l'aspiration de l'air par un tuyau de cheminée étant toujours dû à la différence des pressions exercées à ses extrémités, il ne sera pas inutile d'examiner comment ces pressions peuvent varier selon la disposition particulière des appareils.

134. *Cas d'une salle isolée ou d'une étable.* — Supposons que, dans une salle isolée, l'on veuille établir un tuyau de ventilation et recherchons l'influence de diverses dispositions.

Admettons d'abord que le tuyau soit placé à la partie supérieure du plafond.

En nommant toujours

D la densité de l'air atmosphérique;

d la densité de l'air dans la cheminée d'appel;

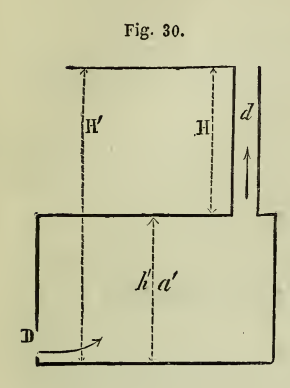


Fig. 30.

d' la densité de l'air dans la salle;

H la hauteur de la cheminée au-dessus du plafond;

h' la hauteur du plafond de la salle au-dessus de l'orifice d'entrée de l'air dans cette salle.

il est clair que la pression qui tendra à faire entrer l'air dans la salle est

$$D(H+h'),$$

et la pression exercée de haut en bas en sens contraire

$$dH+d'h',$$

la différence

$$D(H+h')-(dH+d'h')$$

serait, par unité de surface, la puissance motrice.

Si la température et la densité sont les mêmes dans la salle et dans le tuyau, ce qui a lieu quand l'aspiration n'est aidée par aucune chaleur auxiliaire, l'on a $d'=d$, et la pression motrice devient

$$(D-d)(H+h')=(D-d)H', \quad H'=H+h'.$$

H' exprimant la hauteur totale de la cheminée au-dessus de l'orifice d'entrée de l'air dans la salle.

La section de la cheminée étant toujours exprimée par A et la vitesse moyenne de l'air par U, le travail développé en 1″ par cette pression motrice serait

$$(D-d)AH'U.$$

Comme au nº 94; l'on a d'ailleurs toujours

$$(D-d)=\frac{a(t-T)\,1{,}30}{(1+aT)(1+at)}$$

$$d=\frac{1{,}30}{1+at},$$

et par suite,

$$\frac{D-d}{d}=\frac{a(t-T)}{1+aT}.$$

Dans ce cas, la formule générale du nº **106** donnerait

$$U=\sqrt{\frac{2ga\,\frac{(t-T)H'}{1+aT}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8\beta L}{D}}}.$$

Si, par exemple, il s'agit d'un tuyau cylindrique en zinc, vertical, de hauteur $H'=12$ mètres au-dessus du sol, d'un diamètre de $0^m,25$, débouchant librement, sans coudes, ni étranglement, ni élargissement; et que

$$t=20^0 \quad T=10^0 \quad m_1=1 \quad A=A_1,$$

$$\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8\times 0{,}0032L}{D}=2{,}673$$

$$1+aT=1{,}03665 \quad A=0^{m.q},0491,$$

on trouve

$$U=1^m,763 \quad Q=AU=0^{mc},0866 \text{ en } 1'',$$

ou $311^{m.c},76$ à l'heure, ce qui fournirait à une étable de six bêtes, à peu près 52 mètres cubes d'air par heure et par bête.

135. *Cas où le tuyau d'évacuation est prolongé jusqu'au niveau du sol.* — Si le tuyau d'évacuation de l'air avait été

prolongé jusqu'à la hauteur de l'orifice d'admission, la pression extérieure eût encore été

$$D(H+h')$$

et la pression dans le tuyau

$$d(H+h'),$$

de sorte que la pression motrice eût encore été

$$(D-d)(H+h')=(D-d)H';$$

ce qui était d'ailleurs évident, et montre que dans ce cas, au point de vue de l'évacuation de l'air, si la température et la densité sont uniformes dans la salle et les mêmes que dans la cheminée, il serait indifférent de placer l'orifice d'évacuation au plafond ou près du plancher. La vitesse d'écoulement serait encore donnée par la même formule. Mais il n'en est pas de même quant au renouvellement réel de l'air dans la salle. Il sera plus complet et plus uniforme, les températures y seront plus égales à différentes hauteurs, si l'on place le bas du tuyau ou l'orifice d'appel jusqu'auprès du sol. C'est pour ce motif que, dans des lieux habités par des hommes, il convient toujours de placer les orifices d'évacuation au niveau du sol.

Mais il est bon de remarquer que, pour les étables et les écuries, le gaz ammoniaque qu'il importe beaucoup d'en faire sortir n'a qu'une densité de 0°,5967 à 0°, celle de l'air étant 1,000, de sorte que ce gaz tend naturellement à occuper la partie supérieure de l'étable, tandis que le gaz carbonique, qui a une densité de 1,524 à 0° ou de 1,418 à 20°, tend au contraire à rester dans le bas, ainsi que l'hydrogène sulfuré dont la densité est 1,195. S'il est vrai, comme le prétendent d'habiles éleveurs de bétail, qu'il soit bon pour la production du lait et pour l'engraissement, de maintenir les animaux dans un certain état d'engourdissement, l'on comprend que, dans les étables, il faut placer l'orifice d'extraction de l'air de préférence à la partie supérieure, afin d'enlever les gaz am-

moniacaux, tout en laissant près du sol une certaine proportion d'acide carbonique. Mais il ne saurait en être de même pour les écuries destinées aux chevaux, qu'il importe de conserver en pleine vigueur.

156. *Observation relative à la densité de divers gaz.* — C'est ici le lieu de faire remarquer que l'hydrogène sulfuré ayant une densité égale à 1,195 fois celle de l'air, il tend naturellement, à température égale, à occuper les parties inférieures des lieux habités. Il n'est donc pas étonnant que, quand pour une expérience, on en a, comme M. Grassi, introduit dans une salle d'hôpital par le bas du châssis d'une fenêtre pour reconnaître, à l'aide de réactions chimiques que nous supposerons bien observées, la voie que suivaient les filets gazeux, l'on ait remarqué que ce gaz se dirigeait plus généralement vers l'orifice d'appel que vers l'intérieur de la salle. Mais si les faits observés sont exacts, la conclusion ne l'est pas. En effet, les filets de gaz hydrogène sulfuré après avoir, comme l'indique l'expérience, perdu leur vitesse horizontale d'arrivée dans la masse d'air, ont dû naturellement, en vertu de leur plus grande pesanteur spécifique, s'abaisser vers le plancher et non s'élever. Ils sont tombés dans le courant inférieur très-peu sensible, mais cependant réel, que détermine l'appel des cheminées d'évacuation.

Le contraire serait arrivé si l'on avait employé un gaz plus léger que l'air, et dans le cas naturel des rentrées d'air par les fenêtres, il doit y avoir simplement mélange plus ou moins complet avec la masse d'air générale, selon le point d'introduction, selon les températures, etc., sans qu'il soit juste de dire que dans les hôpitaux l'air entré par les fenêtres et par les portes ne sert pas à la ventilation; tandis que dans les appartements la ventilation ne se fait pas autrement. Il faut d'ailleurs observer que, quand les fenêtres et les portes sont fermées et qu'on fait appel à l'intérieur, on constate des rentrées d'air sur toute la hauteur de ces ouvertures et non pas seulement dans le bas. Par conséquent, pour atteindre

les cheminées et les orifices d'évacuation, cet air est obligé de descendre, en parcourant à peu près toute la hauteur des salles et en se mélangeant à l'air qu'elles contiennent. Il produit donc une ventilation efficace toutes les fois que les orifices d'évacuation sont assez multipliés et convenablement répartis.

137. *Observations sur l'emplacement des prises d'air d'appel.* — Le but de la ventilation en général et celui de la ventilation des hôpitaux en particulier étant d'enlever l'air vicié, il convient évidemment d'en faire l'extraction le plus près possible des endroits où il est altéré, et surtout d'éviter que les émanations d'un ou de plusieurs foyers d'infection ne circulent, ne passent, ne se dirigent sur des endroits qui peuvent être occupés par des individus que l'on placerait ainsi sous l'influence de ces infections.

C'est un point très-important de la condition d'une ventilation ; nous l'avons déjà indiqué dans la partie des considérations générales de ces études qui est relative à l'évacuation de l'air ; mais nous croyons utile de le rappeler ici.

138. *Étuves de dessiccation.* — Dans les étuves de dessiccation, où il importe de faire circuler de l'air sec, afin que les substances placées dans la partie supérieure ne restent pas continuellement au milieu de la vapeur humide fournie par celles du bas et puissent au contraire perdre l'eau qu'elles contiennent, il faut, comme la pratique l'a indiqué depuis longtemps, que les orifices d'évacuation soient placés près du sol, mais surtout y faire arriver un volume d'air assez grand et à une température convenable pour qu'il ne soit jamais complétement saturé. Mais si l'on est sûr de pouvoir satisfaire à cette dernière condition, l'emplacement des orifices d'évacuation a peu d'importance.

139. *Locaux habités par des hommes.* — Dans les lieux habités par des hommes, où il se forme, principalement par la respiration, de l'acide carbonique plus pesant que l'air, même

à la température de 20°, de l'acide sulfhydrique, du protoxyde d'azote aussi plus lourds que l'air, il est encore préférable de placer les orifices d'appel près du sol des salles, en ayant soin de disposer les orifices d'arrivée de l'air neuf, de façon qu'il parvienne ou débouche nécessairement dans les parties supérieures des salles.

140. *Cas où la cheminée est chauffée par un appareil spécial.* — Lorsqu'à l'aide d'un moyen quelconque l'air, qui traverse la cheminée, où le tuyau d'appel est chauffé, la densité d de cet air devient moindre que celle de la salle, et il y a alors avantage pour l'énergie de l'appel à faire, en sorte que la colonne d'air à cette densité soit la plus haute possible.

Il convient donc, dans ce cas, de placer les appareils de chauffage de l'air à évacuer au point le plus bas de la cheminée d'appel.

C'est ce que mettent d'ailleurs en évidence les considérations suivantes :

141. *Introduction et évacuation de l'air par aspiration.* — Supposons, en effet, qu'outre les notations précédentes, nous appelions d_1 la densité et t_1 la température de l'air depuis l'appareil de chauffage supposé, placé en I, à une hauteur h_1 au-dessous du débouché de la cheminée, d la densité et t la température de cette cheminée, il est facile de voir que la pression motrice qui produira l'entrée de l'air dans la salle sera :

$$\mathrm{DH} - d'h',$$

et que la pression motrice qui produira l'évacuation de l'air de la salle par la cheminée sera :

$$d'h' - d(\mathrm{H} - h_1) - d_1h_1$$

ou

$$d'h' - d'(\mathrm{H} - h_1) - d_1h_1,$$

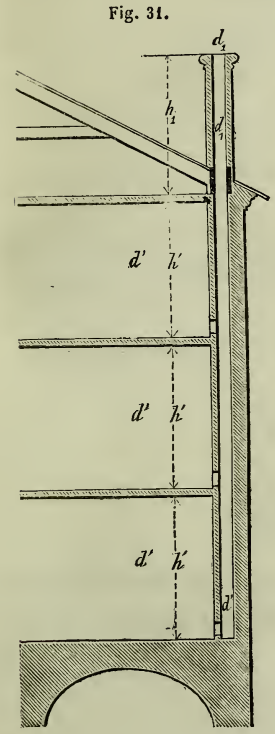
d étant la densité dans la cheminée au-dessous du récipient, laquelle ne diffère pas de d'.

La somme ou la pression motrice résultante sera :

$$(D-d')H+(d'-d_1)h_1.$$

La vitesse imprimée à l'air par cette résultante des pressions dans la cheminée dont la section dans la partie chauffée h_1 est A, étant encore désignée par U, le travail moteur sera :

Fig. 31.



$$\left\{(D-d')H+(d'-d_1)h_1\right\}AU^{km}.$$

Le travail du frottement de l'air contre les parois dans la partie de la cheminée où la densité de l'air est d' et où la vitesse sera désignée par u, aura pour expression :

$$\frac{d'S\beta(H-h)}{g}u^3=\frac{d_1S\beta(H-h)}{g}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2U^3,$$

attendu que l'on a :

$$d'u=d_1U$$

la section étant la même dans les deux parties; et dans la partie où la densité est d_1 sur une hauteur h_1 et où la vitesse est U, ce travail de frottement sera :

$$\frac{d_1S\beta h_1}{g}U^3.$$

La somme des quantités de travail moteur et résistant sera donc dans une cheminée simple de ce système :

$$\left\{(D-d')H+(d'-d_1)h_1\right\}AU-\frac{d'S\beta(H-h_1)}{g}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2U^3-\frac{d_1S\beta h_1}{g}U^3.$$

Quant aux forces vives communiquées ou perdues, elles seront, conformément à ce qui a été dit au n° **106**,

1° A la sortie de la cheminée :

$$M\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 U^2;$$

2° A l'entrée du conduit vertical d'aspiration :

$$M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 U^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2,$$

en supposant que l'orifice d'entrée ait la même section que le conduit et qu'alors on ait comme ci-dessus :

$$u=\left(\frac{d_1}{d'}\right)U;$$

3° A chaque coude dans le conduit :

$$M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2 U^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2;$$

4° A l'entrée des tuyaux de l'appareil d'échauffement dont la section est O′, et après le débouché dans la cheminée où la section est A :

$$M(u'-U)^2=M\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2 U^2$$

attendu que

$$O'u'=AU,$$

la densité étant sensiblement la même dans les deux sections O′ et A. La somme des forces vives possédées et perdues est donc

$$M\left\{\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2\right\}U^2$$

et l'équation des forces vives ou de travail devient pour ce cas,

$$M\left\{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2\right\}=$$

$$2\left\{(D-d')H+(d'-d_1)h_1\right\}AU$$

$$-\frac{2d_1S\beta(H-h_1)U^3}{g}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2-\frac{2d_1S\beta h_1}{g}U^3;$$

En se rappelant encore que

$$M=\frac{d'Au}{g}=\frac{d_1AU}{g}\quad \text{d'où}\quad AU=\frac{Mg}{d_1}\quad \frac{d_1U}{g}=\frac{M}{A}\quad \frac{d'u}{g}=\frac{M}{A}$$

et en divisant tous les termes par le facteur commun M cette équation devient

$$U^2\left\{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2\right.$$

$$\left.+\frac{2S\beta(H-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta h_1}{A}\right\}$$

$$=2g\frac{(D-d')H+(d'-d_1)h_1}{d_1},$$

d'où l'on tire :

$$U=\sqrt{\frac{2g\left\{\frac{(D-d')H+(d'-d_1)h_1}{d_1}\right\}}{\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\beta(H-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta h_1}{A}}}$$

142. *Observation sur l'emplacement du foyer d'échauffement de l'air vicié.* — Quel que soit le mode employé pour activer l'appel de la cheminée dans les dispositifs de ce genre, que l'on se serve de l'eau chaude ou de la vapeur ou d'un foyer spécial, il est évident, comme nous l'avons déjà indiqué, qu'il convient de placer cet appareil le plus bas possible, afin d'augmenter la hauteur de cheminée h_1 dans laquelle la densité est la plus faible. C'est donc avec raison, sous le rapport de la ventilation, que l'on a reproché à M. L. Duvoir-

Leblanc d'avoir toujours installé dans les combles son récipient supérieur, qui dans la cheminée générale d'évacuation contribue puissamment aux effets produits par ses appareils et surtout à la régularité de leur marche.

Il eût été incontestablement préférable, tout en conservant le système dans son ensemble, qu'à chaque étage l'air vicié à évacuer eût été envoyé dans une cheminée commune pour tous les conduits partiels d'évacuation de cet étage, laquelle aurait eu son foyer de chaleur spécial placé à peu près à hauteur du plancher de ce même étage, et dont l'énergie aurait été ainsi considérablement augmentée. Ce dispositif aurait alors constitué *un système d'appel à niveau* que nous désignerons sous ce nom pour le distinguer du précédent et d'un autre dont nous parlerons plus loin.

Des combinaisons conformes à ces notions ont été dans ces dernières années introduites par M. d'Hamelincourt, ingénieur successeur de M. René Duvoir dans le chauffage et la ventilation de l'École polytechnique, dans celui des bâtiments d'administration de la Compagnie de l'Est et dans ceux de la Compagnie du Nord.

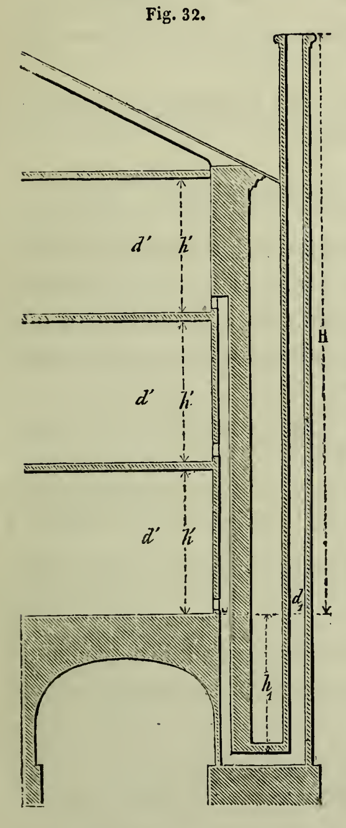
Mais il faut remarquer, d'une part, que l'établissement de semblables cheminées dans des bâtiments déjà construits, ou dont les dispositions générales étaient ou sont malheureusement toujours arrêtées à l'avance, aurait soulevé de la part des architectes une vive opposition et de l'autre que, dans le système de chauffage par circulation d'eau chaude, le mouvement du liquide est d'autant plus rapide que le récipient où s'arrête la vapeur est plus élevé; mais il y a moyen de concilier les deux conditions, auxquelles il faut satisfaire, de faire circuler l'eau et d'assurer l'énergie de l'appel de l'air vicié.

144. *Dispositif désigné sous le nom d'appel par en bas.* — On a donné ce nom à un dispositif basé sur des considérations analogues à celles que nous venons d'exposer.

Il a été surtout appliqué dans ces dernières années par M. Grouvelle, habile ingénieur civil, et consiste en ce que le

foyer destiné à échauffer l'air vicié, qui passe par la cheminée générale d'évacuation, est établi dans les caves du bâtiment, ce qui augmente d'autant la hauteur h_1 de cette cheminée.

Fig. 32.



Les conduits particuliers d'évacuation descendent de chaque étage dans un conduit commun, établi aussi dans les caves et communiquant à la cheminée générale : nous reviendrons plus tard sur les détails et sur les résultats particuliers à ce système, qui a été appliqué à la prison de Mazas, à l'un des pavillons de l'hôpital militaire de Vincennes et ailleurs.

La figure ci-contre montre que la pression motrice, qui produit l'introduction, est ici

$$\mathrm{DH} - d'h'$$

que la pression motrice, qui produit l'évacuation, est

$$d'h' + d'h_1 - d_1\,(\mathrm{H} + h.)$$

la somme ou la résultante de ces pressions est

$$(\mathrm{D} - d_1)\,\mathrm{H} + (d' - d_1)\,h_1$$

d' étant toujours plus grand que d_1, il est évident d'après cette expression que cette résultante est plus grande que si le foyer était placé à la hauteur du sol de l'étage, ce qui donnerait

$$h_1 = o.$$

Sous ce rapport ce système est rationnel.

Mais si l'on considère que l'air vicié parcourt en plus dans

les conduits un chemin égal à $2h_1$ au moins et que cet inconvénient croît avec la hauteur des étages, l'on concevra facilement que la résistance des parois acquiert une influence croissante avec cette élévation et qu'il doit se faire par fois compensation entre cette résistance et l'augmentation de la puissance motrice.

Dans ce cas, le travail développé par seconde par la résultante des pressions sera exprimé par

$$\{(D - d_1) H + (d' - d_1) h_1\} AU^{km}.$$

En admettant que toutes les autres circonstances soient les mêmes que dans le système précédent, la formule qui donnera la valeur de la vitesse moyenne dans la cheminée, où la vitesse est U et la densité de l'air d_1, sera, en admettant qu'il y ait au moins trois coudes,

$$U = \sqrt{\frac{2g\left\{\frac{(D-d_1)H + (d'-d_1)h_1}{d_1}\right\}}{\left(\frac{A}{A_1 m_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + 3\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + \left(\frac{A}{O'}-1\right)^2 + \frac{2S\beta h_1}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + \frac{2S\beta}{A}(H+h_1)}},$$

attendu que le travail de la résistance des parois se compose :

1° De celui qui est consommé dans le conduit descendant de la longueur h_1 où la vitesse est u et la section A et dont la valeur est

$$\frac{d'S\beta h_1}{g} u^3 = \frac{d_1 S\beta}{g} U^3 \left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = \frac{S\beta h_1 M}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 U^2$$

2° De celui qui est consommé dans le conduit vertical d'ascension dont la longueur est $H + h_1$ et où la vitesse est U et la section A, ce qui lui donne la valeur

$$\frac{d_1 S\beta}{g}(H + h_1) U^3 = \frac{S\beta(H + h_1)}{A} MU^2$$

Le terme $\left(\frac{A}{O'} - 1\right)^2$ du dénominateur est relatif à la perte

de force vive qu'occasionne le passage de l'air à travers l'appareil de chauffage. En supppoant, pour les divers systèmes comparés $\frac{A}{O'} = 2$, nous aurons

$$\left(\frac{A}{O'} - 1\right)^2 = 1{,}000,$$

ce qui est plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité.

144. *Distinction des trois systèmes d'appel étudiés aux nos* **141, 142** *et* **143.**— Des trois systèmes d'appel étudiés aux nos **142** et **143**, le premier, dans lequel l'appareil d'échauffement de l'air est placé à une certaine hauteur dans la cheminée d'évacuation et presque toujours dans les combles, est celui que M. L. Duvoir-Leblanc a appliqué dans beaucoup d'établissements publics et il a reçu de quelques ingénieurs le nom assez impropre *d'appel en contre-haut* auquel nous substituerons celui *d'appel par le haut.*

Le second, qui consisterait à placer pour chaque étage l'appareil d'échauffement à même hauteur que cet étage, ne serait, comme nous l'avons dit, qu'une modification du précédent, pourrait être nommé *appel à niveau*. Il constitue en partie le dispositif appliqué par M. d'Hamelincourt avec le chauffage à l'eau chaude.

Le troisième, dans lequel l'appareil de chauffage de l'air à évacuer est placé sous le sol et où cet air est obligé de descendre pour traverser l'appareil et gagner la cheminée d'évacuation a reçu des ingénieurs et plus particulièrement de M. Grouvelle, qui l'a appliqué dans divers établissements publics, le nom *d'appel en contre-bas* ou *par en bas.*

Après avoir établi les formules générales relatives à ces trois modes d'appel, nous allons chercher à en mettre en relief les effets par des applications numériques.

145. *Comparaison des différents systèmes d'appel.* — L'influence des diverses quantités, qui entrent au numérateur et au dénominateur de la valeur de la vitesse que l'air peut

prendre, dans une cheminée, selon les dispositions adoptées et les données particulières agissant d'une manière différente sur les résultats numériques, il est souvent difficile de mettre en évidence par le seul examen de la formule l'avantage d'un système sur l'autre. Mais des substitutions numériques voisines de celles qui se présentent dans la pratique rendront cette comparaison plus facile.

146. *Appel par en bas.* — Pour faire l'application au cas de l'appel par en bas, rappelons d'abord, en nous reportant aux considérations générales du n° **145** et à celles des n°s **106** et suivants, que la formule qui nous fournira la valeur de la vitesse d'écoulement dans la cheminée d'évacuation de ce système d'appel sera

$$U = \sqrt{\frac{2g\left\{\frac{(D-d_1)H+(d'-d_1)h_1}{d_1}\right\}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+3\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\beta}{A}L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta}{A}(H+h_1}}$$

dans laquelle le terme $\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$ relatif à la perte de force vive par un coude doit se trouver répété au moins trois fois.

Nous admettons qu'au passage de l'air à travers l'appareil de chauffage, il y a une perte de force vive analogue à celle qui a été indiquée au n° **102** et qui introduit dans le dénominateur le terme $\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2$.

Enfin il faut remarquer qu'en appelant l la longueur horizontale du conduit inférieur qui amène l'air vicié dans la cheminée d'évacuation, et L le développement total de la partie des conduits dans laquelle circule l'air à la vitesse u et à la densité d', on a :

Pour le rez-de-chaussée,

$$L = h_1 + l.$$

Pour le premier étage,

$$L = h' + h_1 + l;$$

Pour le deuxième étage,

$$L = 2h' + h_1 + l.$$

Le numérateur reste le même pour tous les étages, puisque H, h_1 et d_1 sont communs à tous, et cela montre déjà que la vitesse doit aller en diminuant à mesure que l'étage est d'un rang plus élevé.

Si, dans cette formule, nous faisons sur les quantités qui y entrent et sur les rapports qui les lient les mêmes suppositions que précédemment, et si

$$t' = 16^0 \quad \text{et} \quad t_1 = 40^0,$$

ce qui donne $\quad d' = 1^{\text{kil}},226 \quad$ et $\quad d_1 = 1^{\text{kil}},132$;

$$m = 0,60; \quad m'' = 0,70; \quad \frac{A}{m_1 A_1} = 1,50;$$

$$\frac{A}{0'} = 2 \quad \frac{d_1}{d'} = 0,923 \quad \left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = 0,852,$$

nous aurons pour les termes du dénominateur :

1er Terme, $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$	=	2,250
2e Terme, $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 \left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$	=	0,383
3e Terme, $3\left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 \left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$	=	0,473
4e Terme, $\left(\frac{A}{0'} - 1\right)^2$	=	1,000
Total pour les trois étages....		4,106

En nous donnant ensuite :

$$H = 20^{m}; \quad h' = 5^{m},00; \quad h_1 = 5^{m}; \quad l = 8^{m},00$$

(demi-largeur du bâtiment);

$$\beta = 0,01; \quad S = 4 \times 0^{m},50 = 2^{m},00; \quad A = 0^{m.q},25;$$

$$\frac{2S\beta}{A} = 0,16; \quad \frac{2S\beta}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = 0,136;$$

valeurs qui sont toutes dans les proportions moyennes, Nous en déduirons successivement :

Pour le rez-de-chaussée,

$$L = h_1 + l = 13^{m},00;$$

Pour le premier étage,

$$L = h' + h_1 + l = 18^{m},00;$$

Pour le deuxième étage,

$$L = 2h' + h_1 + l = 23^{m},00.$$

$$H + h_1 = 25^{m},00;$$

Et par suite :

Pour le rez-de-chaussée,

$$\frac{2SL\beta}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = 1,768;$$

Pour le premier étage,

$$\frac{2SL\beta}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = 2,448;$$

Pour le deuxième étage,

$$\frac{2SL\beta}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 = 3,128;$$

$$\frac{2S\beta}{A}(H + h_1) = 4,00.$$

En ajoutant ces termes relatifs au frottement dans les conduits au terme commun 4,106 du dénominateur, on a définitivement pour la valeur totale de ce terme :

Au rez-de-chaussée, 9,874;

Au premier étage, 10,554;

Au deuxième étage, 11,234.

Le numérateur est le même pour les trois étages, et d'après les données :

$$D = 1^{kil},30; \quad t' = 16^\circ; \quad d' = 1^{kil},226;$$

$$t_1 = 40^\circ; \quad d_1 = 1^{kil},132;$$

sa valeur devient

$$2g\left\{\frac{(D-d_1)H+(d'-d_1)h_1}{d_1}\right\} = 66,382.$$

De ces valeurs l'on déduit enfin pour :

Le rez-de-chaussée,

$$U = \sqrt{\frac{66,382}{9,874}} = 2^m,593;$$

Le premier étage,

$$U = \sqrt{\frac{66,382}{10,554}} = 2^m,508;$$

Le deuxième étage,

$$U = \sqrt{\frac{66,382}{11,234}} = 2^m,431.$$

Ce qui montre que, dans ce système, la vitesse de l'air dans chacun des conduits séparés, que l'on peut supposer disposés pour chaque étage, serait à peu près la même et permet de n'avoir, à partir d'une certaine distance, qu'un conduit commun, comme le fait M. Grouvelle.

147. *Appel à niveau.* — Si maintenant nous faisons une application semblable et avec les mêmes données au système d'appel par chauffage au niveau de chaque étage et que, par cette raison, pour le distinguer, nous pouvons appeler *système d'appel à niveau*, nous remarquerons d'abord que, pour ce système, il n'y aura qu'un seul coude ou changement brusque de direction, et que l'on aura :

Pour le rez-de-chaussée,

au numérateur, $2g\frac{(D-d_1)}{d_1}H = 58{,}237;$

au dénominateur, $L = H = 20^m;$

Pour le premier étage,

au numérateur, $2g\frac{(D-d_1)}{d_1}(H-h') = 43{,}675;$

au dénominateur, $L = H - h' = 15^m;$

Pour le deuxième étage,

au numérateur, $2g\frac{(D-d_1)}{d_1}(H-2h') = 29{,}117;$

au dénominateur, $L = H - 2h' = 10^m.$

Il est d'ailleurs évident que l'on a ici $h_1 = 0$. En supposant que les données numériques soient les mêmes que pour l'application précédente, les termes communs du dénominateur seront encore :

1er Terme, $\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2$	=	2,250	pour un seul coude.
2e Terme, $\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$	=	0,383	
3e Terme, $\left(\frac{1}{m''}-1\right)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$	=	0,158	
4e Terme, $\left(\frac{A}{0'}-1\right)^2$	=	1,000	
Total commun pour les trois étages.		3,791	

Les termes relatifs à la résistance des parois se réduisent, en y faisant $h_1 = 0$:

$$\frac{2S\beta}{B}\left\{L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + H\right\}$$

et l'expression de la vitesse est

$$U = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{D-d_1}{d_1}\right)H}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\beta}{A}\left\{L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+H\right\}}}$$

dans laquelle les termes relatifs aux forces vives sont les mêmes pour les mêmes données numériques. La somme de ces termes est donc encore égale à 3,791, et le terme relatif à la résistance des parois

$$\frac{2S\beta}{A}\left\{L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + H\right\}$$

devient pour

Le rez-de-chaussée où

$$L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + H = 8^m \times 0{,}852 + 20 = 26^m{,}816\ldots\ 4{,}291;$$

Le premier étage où

$$L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + H = 8^m \times 0{,}852 + 15^m = 21^m{,}816\ldots\ 3{,}491;$$

Le deuxième étage où

$$L\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 + H = 8^m \times 0{,}852 + 10^m = 16^m{,}815\ldots\ 2{,}691.$$

En ajoutant ces valeurs au terme commun 3,791, relatif aux forces vives, on trouve pour la vitesse U d'évacuation

dans la cheminée de chacun des étages les valeurs suivantes :

Rez-de-chaussée,

$$U = \sqrt{\frac{58,237}{8,082}} = 2^{m},684 ;$$

Premier étage,

$$U = \sqrt{\frac{43,675}{7,282}} = 2^{m},450 ;$$

Deuxième étage,

$$U = \sqrt{\frac{29,117}{6,482}} = 2^{m},119 ;$$

ce qui montre que dans ce système, comme dans celui de l'appel en contre-bas, les vitesses iraient en diminuant à mesure que l'étage serait plus élevé, ce qui n'empêcherait pas de réunir les conduits des trois étages en un seul au-dessus du deuxième étage ; cette réunion pouvant d'ailleurs contribuer à rétablir l'égalité des vitesses.

Dans l'un comme dans l'autre système, on pourrait d'ailleurs parvenir à obtenir l'évacuation d'un même volume d'air à chaque étage, en modifiant convenablement la section des conduits.

148. *Appel par en haut.* — Passons maintenant au système d'appel désigné sous le nom d'appel par en haut, et dans lequel l'appareil de chauffage de l'air appelé est placé dans les combles au-dessus de l'étage à ventiler. On a vu au n° **141** que le numérateur de la valeur de la vitesse dans la cheminée d'appel avait pour expression

$$\sqrt{\frac{2g\,\{(D-d')\,H+(d'-d_1)\,h_1\}}{d_1}}.$$

Quant au dénominateur, en raisonnant comme pour le sys-

tème précédent, on verra facilement que le terme relatif à la résistance des parois sera :

Pour le rez-de-chaussée,

$$\frac{2S\beta\,(H-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta}{A}h_1=\frac{2S\beta}{A}\left\{(H-h_1)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\};$$

Pour le premier étage,

$$\frac{2S\beta}{A}(H-h_1-h')\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta}{A}h_1=\frac{2S\beta}{A}\left\{(H-h_1-h')\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\};$$

Pour le deuxième étage,

$$\frac{2S\beta}{A}(H-h_1-2h')\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta}{A}h_1=\frac{2S\beta}{A}\left\{(H-h_1-2h')\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\}.$$

Nous devons faire remarquer que la hauteur de la cheminée d'évacuation et la longueur du conduit dans lequel circule l'air décroissent d'étage en étage à mesure qu'on s'élève, et qu'il importe d'en tenir compte dans les deux termes de la fraction qui donne la valeur de la vitesse U.

D'après cette remarque, le numérateur de la fraction et le terme relatif au frottement dans le dénominateur prendront les expressions suivantes :

	Hauteur de la cheminée.	Numérateur.	Terme relatif au frottement.
Rez-de-chaussée	H	$2g\,\frac{(D-d')H+(d'-d_1)h_1}{d_1}$	$\frac{2S\beta}{A}\left\{H-h_1)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\}$
1er étage.......	$H-h'$	$2g\,\frac{(D-d_1)(H-h')+(d'-d_1)h_1}{d_1}$	$\frac{2S\beta}{A}\left\{(H-h'-h_1)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\}$
2e étage........	$H-2h'$	$2g\,\frac{(D-d_1)(H-2h')+(d'-d_1)h_1}{d_1}$	$\frac{2S\beta}{A}\left\{(H-h'-2h_1)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+h_1\right\}$

Quant aux termes communs aux trois étages, pour le dénominateur, ils resteront les mêmes, et, en admettant les mêmes proportions que précédemment, on aura :

$$\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2=3{,}791.$$

Si nous supposons toujours

$$H = 20^{m}, \quad h' = 5^{m}, \quad h_1 = 5^{m},$$

$$D = 1^{kil},30, \quad d' = 1^{kil},226, \quad d_1 = 1^{kil},132,$$

la formule

$$U = \sqrt{\frac{2g\,\dfrac{(D-d')H+(d'-d_1)\,h_1}{d_1}}{\left(\dfrac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\dfrac{1}{m}-1\right)^2+\left(\dfrac{A}{m'A'}-1\right)^2+\left(\dfrac{1}{m''}-1\right)^2+\dfrac{2S\beta}{A}L}}$$

modifiée pour chaque étage, comme nous venons de le dire, quant aux valeurs de la hauteur de la cheminée et à la longueur L des conduits, nous conduira aux valeurs suivantes de la vitesse

	Hauteur de la cheminée.	Numérateur.	Facteur relatif à la longueur des conduits.	Dénominateur.	Vitesse U
Rez-de-chaussée	20^{m}	33,797	$(H-h_1)\left(\dfrac{d_1}{d'}\right)^2+h_1=17^{m},78$	6,636	$2^{m},257$
1er étage.......	15	27,384	$(H-h_1-h')\left(\dfrac{d_1}{d'}\right)^2+h_1=13,52$	5,954	$2^{m},144$
2e étage.......	10	20,971	$(H-h_1-2h')\left(\dfrac{d_1}{d'}\right)^2+h_1=9,26$	5,272	$1^{m},994$

Ces valeurs montrent que la vitesse d'évacuation dans les cheminées des trois étages va en diminuant, mais assez lentement, du rez-de-chaussée au deuxième étage, et cette différence pourrait d'ailleurs, comme nous l'avons dit, être compensée, quant au volume d'air évacué, par un accroissement convenable des dimensions des conduits.

149. *Résumé et conclusion de la comparaison précédente.* — Si nous réunissons les valeurs, que nous avons trouvées, dans les hypothèses précédentes et communes, pour la vitesse que prendrait l'air évacué dans les cheminées particulières nous formerons le tableau comparatif suivant :

DÉSIGNATION DES ÉTAGES.	VITESSE D'ÉVACUATION DE L'AIR DANS LES SYSTÈMES D'APPEL.		
	par en bas.	à niveau.	par en haut.
	m.	m.	m.
Rez-de-chaussée............	2,593	2,684	2,257
1er Étage....................	2,508	2,450	2,144
2e Étage.....................	2,431	2,119	1,994

Ce tableau montre que des trois systèmes d'appel que nous venons de comparer dans des hypothèses et avec des données numériques identiques, très-voisines des circonstances qui peuvent se présenter dans la pratique, celui où l'échauffement de l'air appelé aurait lieu au niveau de chaque étage, ferait, pour une même dépense de chaleur, acquérir à l'air une vitesse un peu supérieure pour le rez-de-chaussée, à peu près la même pour le premier étage et un peu inférieure pour le second étage, à celle que produirait l'appel par en bas. Quant au système d'appel par en haut, ou par un appareil de chauffage placé au-dessus des étages à ventiler, il ne détermine que des vitesses un peu inférieures, dans tous les cas, à celles que produisent les deux autres systèmes.

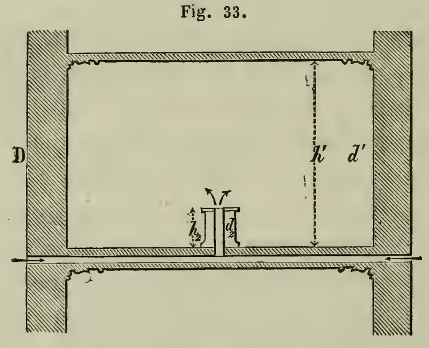
Le système d'appel déterminé par des appareils de chauffage placés au niveau du sol des étages à ventiler paraît donc être le plus avantageux des trois systèmes que nous venons de comparer. Sa supériorité et celle du système d'appel par en bas sur le système d'appel par en haut tiennent uniquement d'ailleurs à ce que, dans les deux premiers systèmes, la hauteur des cheminées d'évacuation permet de mieux profiter de la légèreté spécifique que la chaleur a communiquée à l'air. Mais il ne faut pas oublier que les parois de la cheminée refroidissant l'air qui la parcourt, la vitesse pourrait être diminuée pour cette cause et l'avantage de ces dispositifs atténué.

Quoi qu'il en soit, il me paraît évidemment résulter de

cette discussion qu'il y a lieu de préférer le système d'appel par des appareils de chauffage placés au niveau du sol de chaque étage aux deux autres. Son installation ne présente pas de difficultés, et il est permis de penser qu'il serait à la fois plus économique au point de vue de la dépense journalière, plus régulier et plus stable dans ses effets que le troisième, par suite de la plus grande hauteur des cheminées où circulerait l'air dilaté.

150. *De l'appel de l'air extérieur par des appareils de chauffage à l'eau chaude ou à la vapeur.* — Considérons une salle d'hôpital, dans laquelle on fait affluer de l'air à une température t_2 et à une densité d_2 par un poêle à eau chaude ou à vapeur de hauteur h_2; t', d' et h' étant la température, la densité et la hauteur correspondantes de la salle ; T, D la température et la densité de l'air extérieur.

Fig. 33.



En supposant que l'air de la salle s'échappe d'une manière quelconque et reste à la densité d', la hauteur de pression pour l'introduction sera h' et la pression motrice à l'orifice d'entrée de dehors en dedans sera Dh' par unité de surface.

La pression résistante sera au débouché du poêle $d'(h'-h_2)$ et à l'entrée de l'air dans le poêle d_2h_2.

La différence ou résultante sera

$$Dh' - d'(h' - h_2) - d_2h_2 = (D - d')h' + (d' - d_2)h_2$$

par unité de surface.

Si nous nommons U_2 la vitesse de passage de l'air à travers le poêle et A_2 l'aire de section totale des passages, le travail moteur sera par seconde

$$\{(D - d')h' + (d' - d_2)h_2\} A_2U_2.$$

En désignant par A_3 l'aire de section des deux conduits d'arrivée de l'air situés à droite et à gauche des poêles et par U_3 la vitesse de l'air dans ces conduits, et en faisant remarquer que le même poids d'air doit passer par toutes les sections, nous aurons les relations :

$$DA_3U_3 = d_2A_2U_2,$$

d'où

$$U_3 = \frac{d_2A_2}{DA_3}U_2.$$

Enfin, en appelant :

L la longueur développée et totale des conduits qui des deux côtés du bâtiment amènent l'air au poêle,

L' la longueur des tuyaux du poêle

S' le contour de ces tuyaux,

nous verrons d'abord que l'air éprouve à l'entrée de ces conduits une perte de force vive exprimée par

$$MU_3\left\{\frac{A_3}{mA'_3} - 1\right\}^2 = MU_2^2\left(\frac{A_3}{mA'_3} - 1\right)^2\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2;$$

attendu qu'à l'origine il y a un grillage dont l'aire libre A'_3 n'est au plus que 0,75 de celle de la section A_3 du conduit. L'on a donc dans ce terme

$\frac{A_3}{A'_3} = 0,75$ et $m = 0,60$ A_3 étant d'ailleurs pour les deux conduits égal à $0^{m.q},16$. (Hôpital Lariboisière.)

L'élargissement du conduit au-dessous du poêle présente une section de $0^m,80$ sur $0^m,40$ au moins de hauteur, ce qui lui donne une aire $O = 0^{m.q},32$ et occasionne une perte de force vive exprimée par

$$M\left(1 - \frac{A_3}{O}\right)^2 U_3^2 = M\left(1 - \frac{A_3}{O}\right)^2\left(\frac{d^2A^2}{DA_3}\right)^2 U_2^2,$$

expression dans laquelle $\frac{A_3}{O} = 0,50.$

Au passage de cet élargissement dans les tubes du poêle, il se produit une perte de force vive exprimée par

$$MU_2^2\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$$

attendu qu'ici l'orifice d'entrée a la même section que le tuyau. L'on a d'ailleurs

$$m''=0{,}60 \quad \text{et} \quad \left(\frac{1}{m''}-1\right)^2=0{,}444.$$

Le frottement dans les conduits en maçonnerie sous les planchers et dans lesquels la densité de l'air est D, donne lieu à une perte de travail moteur exprimée par

$$\frac{DSL\beta U_3^3}{g}=\frac{DSL\beta}{g}\left(\frac{d_2A_2U_2}{DA_3}\right)^3$$

toujours par suite de la relation

$$A_3DU_3=A_2d_2U_2.$$

Le frottement dans les tuyaux du poêle donne aussi lieu à une perte de travail, qui a pour expression

$$\frac{d_2S'L'}{g}\beta U_2^3.$$

D'après cela l'équation du mouvement de l'air introduit par le poêle sera

$$MU_2^2\left\{1+\left(\frac{A_3}{mA'_3}-1\right)^2\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2+\left(1-\frac{A_3}{0}\right)^2\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\right\}$$

$$=2\{(D-d')h'+(d'-d_2)h_2\}A_2U_2$$

$$-\frac{2DSL\beta}{g}\left(\frac{d_2A_2U_2}{DA_3}\right)^3-\frac{2d_2S'L'}{g}\beta U^3.$$

En se rappelant toujours que l'on a

$$M = \frac{d_2 A_2 U_2}{g}$$

d'où

$$A_2 U_2 = \frac{Mg}{d_2} \quad \text{et} \quad \frac{d_2 U_2}{g} = \frac{M}{A_2}$$

cette équation revient à

$$U_2 \left\{ 1 + \left(\frac{A_3}{mA'_3} - 1\right)^2 \left(\frac{d_2 A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{0}\right)^2 \left(\frac{d_2 A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 \right.$$

$$\left. + \frac{2SL\beta}{A_3} \left(\frac{d_2 A_2}{DA_3}\right)^2 + \frac{2S'L'\beta}{A_2} \right\} = 2g \left\{ \frac{(D - d')h' + (d' - d_2)h_2}{d_2} \right\}$$

D'où l'on tire :

$$U_2 = \sqrt{\frac{2g \left\{ \frac{(D - d')h' + (d' - d_2)h_2}{d_2} \right\}}{1 + \left(\frac{A}{mA'_3} - 1\right)^2 \left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{0}\right)^2 \left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 + \frac{2SL\beta}{A_3}\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \frac{2S'L'\beta}{A_2}}}$$

ou

$$U_2 = \sqrt{\frac{2ga \frac{(1 + at_2)}{1 + at'} \left\{ \frac{(t' - T)h'}{1 + aT'} + \frac{(t_2 - t')h_2}{1 + at_2} \right\}}{1 + \left(\frac{A_3}{mA'_3} - 1\right)^2 \left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{0}\right)^2 \left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 + \frac{2SL\beta}{A_2}\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \frac{2S'L'\beta}{A_2}}}$$

En se rappelant toujours que l'on a les expressions

$$D = \frac{1{,}30}{1 + aT}; \quad d' = \frac{1{,}30}{1 + at'}; \quad d_2 = \frac{1{,}30}{1 + at_2};$$

ce qui conduit à la transformation ci-dessus.

151. *Conséquence de cette formule.* — Le numérateur de cette formule montre que la vitesse d'écoulement de l'air à travers le poêle croît :

1° Avec la température que cet air acquiert dans le poêle ;

2° Avec la hauteur du poêle.

La première conséquence était évidente d'elle-même, mais comme la température t_2 de l'air que l'on doit faire affluer dans la salle, est limitée et doit à peine atteindre 40 à 45° ; cette condition s'oppose à ce que l'on utilise cette propriété au delà d'une certaine limite, et l'on verra d'ailleurs, par les applications, que, dans les limites et avec les dispositions adoptées par M. L. Duvoir, cette influence est assez faible.

La seconde, permet en employant une température peu élevée d'obtenir une vitesse plus grande, en donnant aux poêles toute la hauteur que comporte l'étage, et en diminuant, si on le juge convenable, leur diamètre extérieur, ce qui peut présenter plusieurs avantages, et entre autres celui de permettre de les placer soit dans l'épaisseur des murs, comme l'a fait habilement M. d'Hamelincourt à l'École polytechnique et dans les bâtiments d'administration du chemin du Nord, ce qui lui a donné la facilité de supprimer toute apparence de poêles dans l'intérieur des salles, soit en saillie le long des trumeaux, en augmentant leur nombre et diminuant leur diamètre.

L'augmentation de la hauteur des poêles présenterait aussi l'avantage subsidiaire d'assurer, en tout temps et même quand on ne chaufferait pas, le mélange de l'air neuf affluent avec l'air des salles, en le portant plus haut pour l'obliger à redescendre vers les orifices d'appel placés à hauteur du plancher et à entraîner ainsi avec lui les portions d'air vicié, qui se seraient élevées vers le plafond.

L'on obtiendrait par là cette circulation, ce mouvement général de l'air qui est la condition d'une bonne ventilation.

En ce qui concerne le dénominateur, les différents termes, qui le composent, ont une assez grande influence sur la valeur de la vitesse.

C'est ce qu'une application numérique mettra en évidence.

Si, par exemple, nous supposons d'abord

$$T = -5^0 \quad t' = 15^0 \quad t_2 = 30^0,$$

ce qui correspond à

$$d_2 = 1^{kil},169,$$

nous déduirons de ces données.

$$1+a\mathrm{T}=0,982 \qquad 1+at'=1,055 \qquad 1+at_2=1,110$$

d'où l'on conclut

$$\frac{d_2}{\mathrm{D}}=\frac{1+a\mathrm{T}}{1+at_2}=0,885 \qquad \left(\frac{d_2}{\mathrm{D}}\right)^2=0,783.$$

Si l'on a, comme à l'hôpital Lariboisière,

$$\frac{\mathrm{A}_3}{\mathrm{A}'_3}=1,33; \quad \mathrm{A}_3=0^{\mathrm{m\cdot q}},16; \quad \mathrm{O}=0^{\mathrm{m\cdot q}},32; \quad m=m''=0,60,$$

et par suite $\mathrm{A}_2=0^{\mathrm{m\cdot q}},21$;

$$\frac{d_2\mathrm{A}_2}{\mathrm{DA}_3}=1,16; \left(\frac{d_2\mathrm{A}_2}{\mathrm{DA}_3}\right)^2=1,346; \left(1-\frac{\mathrm{A}_3}{\mathrm{O}}\right)=0,50;$$

$$\left(\frac{\mathrm{A}_3}{m\mathrm{A}'_3}-1\right)^2=1,44; \left(\frac{\mathrm{A}_3}{m\mathrm{A}'_3}-1\right)^2\left(\frac{d_2\mathrm{A}_2}{\mathrm{DA}_3}\right)^2=1,935;$$

$$\left(1-\frac{\mathrm{A}_3}{\mathrm{O}}\right)^2\left(\frac{d_2\mathrm{A}_2}{\mathrm{DA}_3}\right)^2=0,338; \quad \left(\frac{1}{m''}-1\right)^2=0,444.$$

Si de plus,

$\mathrm{S}=1^{\mathrm{m}},20$, $\mathrm{L}=15^{\mathrm{m}}$, $\mathrm{A}_3=0^{\mathrm{m\cdot q}},16$, $\beta=0,01$, $\mathrm{S}'=4^{\mathrm{m}},99$,

$\mathrm{L}'=1^{\mathrm{m}},3$, $\mathrm{A}_2=0^{\mathrm{m\cdot q}},21$,

comme cela résulte des données locales, l'on aura

$$\frac{2\mathrm{SL}\beta}{\mathrm{A}_3}\left(\frac{d_2\mathrm{A}_2}{\mathrm{DA}_3}\right)^2=3,03$$

et

$$\frac{2\mathrm{S'L'}\beta}{\mathrm{A}_2}=0,618.$$

De sorte qu'en récapitulant tous les termes, le dénominateur, dans le cas actuel, est égal à

$$1,935+0,338+0,444+3,03+0,618=6,365.$$

Le numérateur, avec les données ci-dessus, a pour facteurs

$$2ga\frac{(1+at_2)}{1+at'}=0,075$$

$$\frac{(t'-T)h'}{1+aT}=\frac{20\times5}{0,982}=101,83;\quad \frac{(t_2-t')h_2}{1+at_2}=\frac{(30-15)1.5}{1,11}=20,270$$

et pour valeur 9, 157

ce qui, en définitive, donne pour la vitesse U_2 avec laquelle l'air vient déboucher dans la salle.

$$U_2 = 1^m.199 \text{ par seconde.}$$

152. *Comparaison des résultats de la formule avec ceux de l'expérience.* — En appliquant de même la formule aux données des expériences faites le 11 janvier 1861, où la température extérieure et intérieure avait les valeurs supposées ci-dessus, tandis que t_2, celle de l'air fourni par les poêles, qui fonctionnaient le mieux, était respectivement :

$$t_2 = 32^0; \quad 26^0 \quad 22^0 \quad 21^0,$$

la formule conduirait à

$$U_2 = 1^m,212 \quad 1^m,181 \quad 1^m,161 \quad 1^m,160$$

et l'expérience a fourni les valeurs

$$U = 1^m,140 \quad 1^m,040 \quad 1^m,130 \quad 1^m,150.$$

Si l'on fait la part des légères incertitudes de dimensions qui peuvent exister, et surtout celle des obstacles souvent nuisibles, tels que de simples toiles d'araignées, qui se trouvent trop souvent dans les conduits et dans les tuyaux des poêles, l'on admettra, sans doute, que l'accord de la formule précédente avec l'observation est au moins assez satisfaisant pour qu'en se donnant une certaine latitude cette formule puisse, pour des cas analogues, être prise comme règle approximative de l'établissement et des proportions des appareils.

153. *Observation relative à l'influence des poêles sur l'introduction de l'air.* — Les quatre applications que nous venons de faire mettent en évidence cette circonstance remarquable, que la température de l'air qui traverse les poêles a sur la valeur de la vitesse de cet air, dans la saison du chauffage, beaucoup moins d'influence que celle de l'air de la salle parvenue à sa valeur normale. C'est la conséquence de la faible hauteur que l'on donne aux poêles par rapport à celle des salles. L'on trouve, en effet, que tandis que pour une hauteur h' des salles égale à 5 mètres et une hauteur $h_2 = 1^m,5$ des poêles le terme $(t' - T)\,h'$ acquiert pour $t' = 15^0$ et $T = -5^0$ la valeur 101,83, tandis que pour t_2 égal à

$$32^0, \qquad 26^0, \qquad 22^0, \qquad \text{et} \qquad 21^0$$

l'on trouve seulement pour le terme $\frac{(t_2 - t')\,h_2}{1 + at_2}$ les valeurs

$$22,85, \quad 15,07, \quad 9,71, \qquad 8,36\,;$$

de sorte que ce terme n'a eu dans ces expériences qu'une valeur variable de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{12}$ de celles du premier.

Cette observation montre combien il serait avantageux de donner à ces poêles une hauteur aussi considérable que possible.

Si, par exemple, elle avait été, comme dans le dispositif adopté par M. d'Hamelincourt, égale à la hauteur totale de l'étage ou de 5 mètres, la valeur du terme $\frac{(t_2 - t')\,h_2}{1 + at_2}$ eût été quadruplée, sans compter que la surface de chauffe aurait été aussi augmentée dans la même proportion, si l'on avait conservé le même dispositif ou, ce qui aurait, à l'inverse, permis de réduire la surface de chauffe et les dépenses d'installation, si l'on avait voulu se contenter de la même température.

Il est vrai que la longueur des tuyaux de chauffage serait augmentée dans la même proportion, mais comme, pour un

même effet, la surface de chauffe SL resterait la même, il y aurait sous ce rapport compensation ; la diminution de la section A_2 pouvant seule exercer quelque influence.

Mais, en définitive, comme le terme relatif au frottement dans les tuyaux n'a généralement qu'une valeur assez faible, par rapport à l'ensemble du dénominateur, l'accroissement considérable que le numérateur acquerrait ne serait pas sensiblement diminué.

154. *Différences dans les résultats fournis par les différents poêles d'un même pavillon.* — Si la comparaison que nous venons de faire entre les résultats fournis par la formule et ceux de l'expérience, montre que la théorie peut rendre compte avec une exactitude suffisante des effets qui se produisent dans les appareils dont nous venons de nous occuper, elle fait voir aussi quelles différences peuvent présenter les résultats obtenus sur des appareils en apparence identiques sous tous les rapports. Il n'est arrivé que trop souvent à des observateurs de constater, en des cas pareils, d'énormes différences et même parfois des résultats nuls à côté de résultats considérables, et quand ces observateurs ont confondu dans la totalisation des résultats aussi divergents, ils me semblent avoir commis une erreur grave et même une injustice involontaire dans l'appréciation du mérite des appareils.

Quand, en effet, de deux dispositifs, qui doivent être identiques et qui sont placés dans les mêmes conditions générales, l'un fonctionne bien et l'autre mal, il est évident que celui-ci a quelque défaut caché, accidentel, qui lui est propre et qui ne tient nullement au système dans lequel il est conçu.

S'il s'agit de la simple constatation des effets ou de la réception des appareils, il faut surseoir et exiger les modifications nécessaires; mais si l'on veut apprécier le mérite d'un système, il n'est pas juste de lui attribuer des défauts accidentels.

Au surplus, ces divergences tiennent bien souvent à des

négligences dans la surveillance et dans l'entretien, et il est possible de les atténuer beaucoup.

153. *Introduction de l'air dans la saison d'été.* — Dans la saison d'été, où le chauffage est interrompu, l'introduction de l'air se fait pendant le jour au moyen de l'ouverture des portes et d'un certain nombre de fenêtres, et il n'y a pas à s'en occuper.

Mais la nuit, l'ouverture des fenêtres aurait des inconvénients, et il faut se borner à celle des portes.

Il est facile de voir qu'alors les appareils de l'hôpital auquel nous avons fait les applications précédentes seraient complétement insuffisants pour assurer l'introduction de la quantité d'air nécessaire.

Dans ce cas, où l'on ne chauffe pas, l'air contenu dans les poêles est tout au plus à la température t' de la salle, l'on a donc alors $t_2 = t'$, et le second terme $\frac{(t_2 - t')\,h_2}{1 + at_2}$ disparaît.

Les autres termes de la formule restent, et elle devient

$$U = \sqrt{\frac{2ga\frac{(t'-\mathrm{T})\,h}{1+a\mathrm{T}}}{1 + \left(\frac{A_3}{mA'_3} - 1\right)^2\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(1 - \frac{A_3}{O}\right)^2\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 + \frac{2SL\beta}{A_3}\left(\frac{d_2A_2}{DA_3}\right)^2 + \frac{2S'L'\beta}{A_2}}}$$

Si l'on suppose que l'on ait la nuit $t' = 20^0$ dans les salles, ce qui est déjà une température bien élevée, et $\mathrm{T} = 16^0$, ainsi que cela arrive souvent l'été, l'on en déduit

$$\frac{(t'-\mathrm{T})}{1+a\mathrm{T}}\,h' = 19.579, \qquad 2ga\,\frac{(t-\mathrm{T})}{1+a\mathrm{T}}\,h' = 1.329,$$

et

$$U = \sqrt{\frac{1.329}{6.365}} = 0^{m},457,$$

ce qui, avec des orifices de passage dont la section libre n'est au plus égale qu'à $0^{m.q},1797$, ne correspondrait qu'à un volume d'air de

$$0^{m.q},1797 \times 0^{m},0457 = 0^{m.c},0821$$

par seconde et par poêle, et pour les quatre poêles d'une même salle et par heure, à

$$0^{m.c},0821 \times 4 \times 3600 = 1182^{m.c},$$

ou à $39^{m.c},40$ par heure et par lit, quantité insuffisante et qui n'est pas même atteinte la plupart du temps, par suite d'obstacles permanents ou accidentels qui se trouvent dans les passages. Aussi, pour empêcher la température de s'élever dans les nuits d'été, est-on obligé de tenir ouvertes les portes d'entrée des salles.

156. *Dispositions pour faciliter l'entrée de l'air dans les salles pendant les nuits d'été.* — J'ai déjà indiqué pour d'autres circonstances le remède facile à cet inconvénient. Il consiste à ouvrir des orifices auxiliaires d'admission de l'air aussi directs que possible, en divers points des salles, et à suppléer par leur nombre et par la facilité de l'accès à la faible vitesse que la différence des températures peut produire ; le nombre de ces orifices auxiliaires pouvant d'ailleurs être en quelque sorte illimité, et le volume d'air qu'ils peuvent alors introduire ne se trouvant plus déterminé que par l'énergie de l'appel que l'évacuation peut produire, c'est principalement de cette évacuation de l'air vicié qu'il y a lieu de se préoccuper pour la saison d'été.

Nous rappellerons à ce sujet que, pour assurer d'une manière convenable l'arrivée de l'air frais dans les salles et son mélange avec la masse générale de celui qu'elles contiennent, il faut éviter la disposition trop généralement adoptée, et qui consiste à faire affluer cet air nouveau à fleur des planchers, car alors, quand il s'agit d'air frais plus dense que celui des salles et qui y arrive avec une faible vitesse, il se maintient à fleur du plancher et, entrant promptement dans la sphère d'activité des bouches d'appel, il y arrive directement, tandis que l'air vicié et chaud continue à occuper la partie supérieure.

Il convient alors de disposer les canaux d'introduction de l'air nouveau et frais que l'on veut faire affluer dans les salles, comme nous l'avons indiqué au n° **67**, de manière que cet air soit obligé de monter pour atteindre des orifices ménagés près du plafond, d'une étendue suffisante et garnis de gril-

lages qui divisent la nappe fluide en un grand nombre de filets qui, ayant ainsi peu de volume et de masse, et perdant de suite leur vitesse, se répandent à l'intérieur sans y occasionner de gêne par une sensation de froid.

La disposition indiquée au nº **67** est d'ailleurs nécessaire pour que l'air chaud de la salle ne sorte pas et ne s'oppose pas ainsi à l'entrée de l'air frais qui afflue facilement par l'action de l'appel des cheminées d'évacuation; mais il n'est pas indispensable que le tuyau d'arrivée de l'air frais ait toute la hauteur de l'étage dans l'épaisseur des murs; il suffit qu'il en ait une assez grande pour que la différence des pressions extérieures et intérieures engendre une vitesse convenable.

157. *Application de la formule du nº* **106** *aux pavillons de l'hôpital Lariboisière ventilés par aspiration.* — Nous avons indiqué aux nºs **145** et suivants l'ensemble général des effets qui se produisent dans les appareils de ce genre, et nous allons faire une application numérique aux pavillons de l'hôpital Lariboisière, sur lesquels nous avons des résultats d'expérience assez nombreux.

Nous nous bornerons ici à considérer l'évacuation, et nous admettrons simplement que, soit par les poêles, soit par les portes et par les fenêtres, soit de toute autre manière, l'air arrive dans la salle, qu'il s'y répartisse convenablement et y prenne une température t' et une densité correspondante d' qui soient les mêmes pour les trois étages.

Nous établirons pour chacun de ces étages la relation particulière qui le concerne d'une manière analogue à ce que nous avons fait aux nºs **145** et suivants, et nous totaliserons toutes les quantités de travail développées et les forces vives perdues, pour appliquer à leur ensemble le principe des forces vives ou de la transmission du travail.

158. *Notations et conventions.* — Remarquons d'abord que si nous appelons toujours M la masse de l'air introduit et

écoulé par seconde, elle est ou doit être partagée également entre les trois étages, de sorte que, pour chacun d'eux, la masse d'air qui en sera évacuée sera $M_1 = \frac{M}{3}$, ce qui suppose implicitement que les sections de passage étant égales, les vitesses le sont aussi, ce qui est ou peut être regardé comme approximativement vrai. Les hauteurs d'étages, que nous désignerons par h^0, h', h'', sont égales à $5^m,60$, y compris l'épaisseur des planchers; les hauteurs de l'extrémité de la cheminée d'évacuation, au-dessus du plancher de chacun de ces étages sont différentes ; nous les désignerons respectivement par H_0, H_1, H_2. Les longueurs de tuyaux que parcourt l'air vicié se composent d'une partie commune pour tous ces étages, c'est celle qui est horizontale, dans le grenier, et d'une partie variable, qui est pour le rez-de-chaussée $h^0 + h' + h'' = 16^m,80$, pour le premier étage $h' + h'' = 11^m,20$, et pour le deuxième étage $h'' = 5^m,60$ seulement. Mais il faut observer que la partie horizontale de cette longueur, commune à chaque groupe de trois cheminées, varie d'un groupe à l'autre, ce qui obligerait à considérer chacun d'eux isolément et apporterait dans le calcul une complication que l'on peut éviter en attribuant à cette partie commune une valeur moyenne $L = 12^m$, déduite de la somme des longueurs des conduits horizontaux égale à $227^m,80$, divisée par leur nombre 19, et en calculant séparément le terme relatif à la résistance des parois dans ces conduits horizontaux.

Tous les conduits d'évacuation ont $0^m,23$ sur $0^m,23$, leur aire individuelle a a pour valeur $a = 0^{m.q},0529$, et les 19 conduits de chaque étage présentent ensemble une section de $19\,a = 1^{m.q},00$. La somme pour les trois étages est de $3^{m.q},00$.

La cheminée commune a une hauteur $h = 7^m,70$ seulement au-dessus du grenier. Le diamètre du cercle inscrit à l'octogone formant le bas de la cheminée est de $1^m,80$, correspondant à une superficie de $2^{m.q},684$; celui du cercle inscrit à l'octogone du sommet est de $1^m,20$, correspondant à une su-

perficie de $1^{m.q},193 = A$; la section moyenne de cette cheminée est donc

$$\frac{2^{m.q},684 + 1^{m.q},193}{2} = 1^{m.q},938 = A,$$

et le contour de cette section est $S = 5^m$.

Ce sont ces deux valeurs que nous introduirons dans les calculs, mais nous nous rappellerons plus loin que les expériences, dont nous voulons comparer les résultats à ceux des formules, ont été faites dans une section dont l'aire était de $2^{m.q},36$, de sorte que les vitesses observées doivent être aux vitesses calculées dans le rapport inverse des sections ou de

$$\frac{1,938}{2,360} = 0,821.$$

La chambre des récipients d'eau chaude destinés à échauffer l'air vicié qui doit être évacué, a une section de $12^{m.q},375$ beaucoup plus grande que celle de la cheminée.

Il résulte de cette disposition que, malgré l'échauffement de l'air à la base de la cheminée générale et le mouvement d'accélération qui se produit dans cette cheminée, il n'y en a pas moins une perte de force vive au débouché des tuyaux horizontaux au bas de cette cheminée, ce qui oblige à introduire dans la formule un terme de la forme

$$M(u' - U)^2,$$

relatif à cette perte, et dans lequel u' est la vitesse avec laquelle l'air traverse les récipients et y acquiert la température t_1.

D'une autre part, l'air qui afflue par les conduits horizontaux dans cette chambre ne traverse très-probablement pas tous les tuyaux des récipients, qui y sont assez mal disposés à cet effet, il circule plutôt autour de leur surface extérieure et s'y échauffe avant de monter dans la cheminée.

Mais à la base même de cette cheminée, il est obligé de passer par les espaces libres que lui laisse le récipient cen-

tral de $0^m,75$ de diamètre et les huit petits récipients de $0^m,30$ de diamètre qui entourent celui-ci. Cet espace libre, déduction faite des obstacles, n'est pas de beaucoup supérieur à $\frac{1}{3}$ de la section moyenne $A = 1^{m.q},938$ de la cheminée.

Il y a donc à l'entrée de cette cheminée une perte de force vive due à ce rétrécissement du passage libre, outre celle qui provient de la contraction, et nous aurons aussi à en tenir compte.

Chaque conduit vertical d'évacuation présente deux changements de direction au mouvement de l'air, l'un à sa base, l'autre à son sommet. Les termes analogues à $M\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2 U^2$ (nº **106**) devront donc être répétés deux fois pour chacun d'eux.

159. *Expression et valeur des diverses pertes de force vive dans ce dispositif.* — Il résulte de ces conditions et proportions particulières que les différents termes qui doivent entrer dans l'équation des forces vives ou de la transmission du travail ont les valeurs suivantes :

1° *Perte de force vive à l'entrée des conduits verticaux et aux coudes.* — Attendu que l'on peut prendre $m''=m=0,60$,

Rez-de-chaussée $\frac{1}{3}M\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+2\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\right\}u^2 = M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2u^2$

1er étage....... $\frac{1}{3}M\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+2\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\right\}u^2 = M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2u^2$

2e étage........ $\frac{1}{3}M\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+2\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\right\}u^2 = M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2u^2$

Total pour les trois étages... $3M\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 u^2$

Mais attendu que la somme des aires de passage par les tuyaux d'évacuation est

$$3 \times 19a = 3^{mq},00,$$

et que la section moyenne A de la cheminée, dans laquelle on veut déterminer la vitesse, est

$$A = 1^{mq},938,$$

ce qui donne

$$d' \times 3^{mq},00 \times u = d_1 \times 1^{mq},938\,U,$$

il s'ensuit que

$$u = \frac{d_1}{d'} \times \frac{1,938U}{3,000} = 0,646\,\frac{d_1}{d'}\,U$$

et

$$u^2 = 0,417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 U^2$$

L'expression de la perte de force vive à l'entrée et au passage de l'air par les coudes, dans ces conduits, peut donc être mise sous la forme

$$3M\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 \times 0,417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 U^2 = 0,555\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 MU^2$$

2° *Perte de force vive au débouché des conduits horizontaux dans la chambre des récipients placés au bas de la cheminée et dont la section* $O = 12^{mq},375$:

$$M u^2 \left\{1 - \frac{A'}{O}\right\}^2 = 0,240\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2 MU^2$$

$A' = 3 \times 19a = 3^{mq}$ étant la somme des sections des conduits horizontaux affluents, et l'aire de section des tuyaux horizontaux étant à très-peu près la même que la somme des aires des trois tuyaux verticaux qui y débouchent.

3° *Perte de force vive au débouché des récipients situés dans la cheminée.* — L'air vicié qui afflue au bas de la cheminée s'échauffe en traversant les tuyaux ménagés à cet effet dans les récipients et qui n'offrent au passage qu'une section libre O' inférieure à celle de la section moyenne de la cheminée.

En nommant u' la vitesse avec laquelle cet air à la tempé-

rature t_1 sort de ces tuyaux, la perte de force vive qu'il éprouve après son entrée est d'abord

$$Mu'^2\left(\frac{1}{m}-1\right)^2=0,444\,Mu'^2$$

Pour apprécier celle qu'elle subit aussi, après son débouché dans le bas de la cheminée, il faut connaître la section O' du passage libre à travers et autour des appareils d'échauffement. C'est ce que permettent les données suivantes :

L'on a vu que l'aire de la cheminée générale d'évacuation à sa base est égale à

$$A'_1=2^{mq},684.$$

D'une autre part, le récipient principal, placé au centre de la cheminée, a un diamètre de $0^m,75$ et une section de. $0^{mq},442$
les huit récipients, de $0^m,30$ de diamètre, ont ensemble. .... $0^{mq},565$

Section totale. .... $1^{mq},007$

formant obstruction au passage de l'air ; de sorte que la section libre serait

$$2^{mq},684-1^{mq},007=1^{mq},677\,;$$

mais la contraction la réduit à

$$O'=0,65\times1^{mq},677=1^{mq},090,$$

ce qui donne

$$\frac{A'_1}{O'}=\frac{2,684}{1,090}=2,545$$

et $$\left(\frac{A'_1}{O'}-1\right)^2=2,387.$$

D'autre part, l'on a

$$u' = \frac{A}{O'} U = \frac{1,938}{1,090} U = 1,778 U$$

et par suite

$$M u'^2 \left\{ \frac{1}{m} - 1 \right\}^2 = \overline{1,778}^2 \times 0,444 MU^2 = 1,408 MU^2.$$

La perte totale de force vive à l'entrée de la cheminée et par les passages autour des poêles est donc

$$\{1,408 + 2,387\} MU^2 = 3,795 MU^2$$

4° La force vive emportée par l'air au débouché de la cheminée générale est

$$M \left(\frac{A}{m_1 A_1} \right)^2 U^2 = 3,254 MU^2$$

attendu que

$$A = 1^{m.q},938, \quad m_1 = 0,90, \quad A_1 = 1^{m.q},193,$$

et que par suite $\left(\dfrac{A}{m_1 A_1} \right)^2 = 3,254$

La somme des pertes de force vive est donc exprimée par

$$0,555 \left(\frac{d_1}{d'} \right)^2 + 0,240 \left(\frac{d_1}{d'} \right)^2 + 3,795 + 3,254 \Big\} MU^2$$

$$= \left\{ 0,795 \left(\frac{d_1}{d'} \right)^2 + 7,049 \right\} MU^2$$

5° *Travail des pressions motrices.*

Rez-de-chaussée $(D - d') H_0 \times 19 au + (d' - d_1) h_1 \dfrac{AU}{3}$

1er étage $(D - d') H_1 \times 19 au + (d' - d_1) h_1 \dfrac{AU}{3}$

2me étage $(D - d') H_2 \times 19 au + (d' - d_1) h_1 \dfrac{AU}{3}$

Total $(D - d')(H_0 + H_1 + H_2) \times 19 au + (d' - d_1) h_1 AU$

Travail de la résistance des parois : — Conduits verticaux.

Rez-de-chaussée	$19 \dfrac{d'S'h^0\beta}{g} u^3$
1er étage	$19 \dfrac{d'S'\beta h'}{g} u^3$
2me étage	$19 \dfrac{d'S'\beta}{g} h''u^3$
Total	$19 \dfrac{d'S'\beta}{g} (h^0+h'+h'')u^3$

160. *Conduits horizontaux.* — Ils sont au nombre de 19, et leur développement total est de $227^m,80$, ce qui revient en moyenne pour chacun à une longueur $L=12^m,00$. Leur section doit être au moins égale à trois fois celle des conduits verticaux qu'ils desservent, ou à $3a=0^{mq},16$, ce qui, en la supposant carrée, correspond à un périmètre

$$S''=4\times 0^m,4=1^m,60.$$

La vitesse et la densité dans ces conduits doivent, d'après ces données, être les mêmes que celles u et d' qui ont lieu dans les conduits verticaux.

D'après cela, le travail de la résistance des parois dans ces 19 conduits aura pour expression

$$19 \frac{d'S''L}{g} \beta u^3$$

dans laquelle la valeur moyenne de L sera

$$L=12^m,00,$$

comme nous venons de le dire.

161. *Cheminée d'évacuation.* — La hauteur de cette cheminée est $h_1=7^m,70$, et son contour à la section moyenne A est $S=3^m,935$; le travail de la résistance des parois a pour expression

$$\frac{d_1S\beta}{g} h_1U^3$$

162. *Équation du travail ou des forces vives.* — D'après ce qui précède, l'équation du travail ou des forces vives sera pour ces appareils

$$\left\{0,795\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+7,049\right\}MU^2$$

$$=2\left\{(D-d')(H_0+H_1+H_2)\,19\,au+3\,(d'-d_1)\,h_1AU\right.$$

$$-\frac{2\times 19\,d'S'\beta}{g}(h^0+h'+h'')\,u^3-\frac{2\times 19\,d'S''\beta}{g}\,Lu^3$$

$$-\frac{2d_1S\beta h_1}{g}\,u^3$$

En se rappelant que chacun des trois étages doit laisser évacuer un volume d'air égal à $19au$, l'on a les relations

$$\frac{AUd_1}{g}=3d'\frac{19\,au}{g}=M$$

d'où
$$19\,au=\frac{Mg}{3d'};\quad \frac{19\,d'u}{g}=\frac{M}{3a};\quad \frac{d_1U}{g}=\frac{M}{A}.$$

Cette équation peut être mise sous la forme

$$\left\{0,795\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+7,049\right\}MU^2$$

$$=2\left\{\frac{(D-d')(H_0+H_1+H_2)}{3d'}+\frac{(d'-d_1)}{d_1}\,h_1\right\}Mg.$$

$$-\frac{2M}{3a}S'\beta(h^0+h'+h'')\,u^2-\frac{2M}{3a}S''\beta Lu^2-2\frac{M}{A}S\beta h_1U^2$$

Si nous divisons tous les termes par le facteur commun M et si nous substituons à u^2 sa valeur

$$u^2=0,417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2U^2$$

elle deviendra

$$U^2\left\{0{,}795\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+7{,}049+\frac{2S'\beta}{3a}(h^0+h'+h'')\times 0{,}417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2\right.$$

$$\left.+\frac{2S''\beta L}{3a}0{,}417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta h_1}{A}\right\}$$

$$=2g\left\{\frac{(D-d')(H_0+H_1+H_2)}{3d'}+\frac{(d'-d_1)}{d_1}h_1\right\}$$

163. *Expression de la vitesse moyenne d'évacuation dans la cheminée générale.* — De la relation ci-dessus l'on tire, à cause de $2g=19^m{,}62$

$$U=\sqrt{\frac{19{,}62\left\{\frac{(D-d')(H_0+H_1+H_2)}{3d'}+\left(\frac{d'-d_1}{d_1}\right)h_1\right\}}{0{,}795\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+7{,}049+\frac{2S'\beta}{3a}(h^0+h'+h'')\times 0{,}417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S''\beta}{3a}\times 0{,}417\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\beta}{A}h_1}}$$

Dans le dénominateur de cette expression, les seuls termes qui varient d'une expérience à l'autre, ou avec la température, sont ceux qui contiennent le rapport $\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$ dont la valeur moyenne de l'hiver à l'été s'éloigne très-peu de 0,915, comme on peut le voir au tableau du n° **165**; et comme ce rapport n'entre comme facteur que dans une partie des termes, l'on peut, sans crainte d'erreur sensible, supposer sa valeur constante, ce qui simplifiera les calculs.

164. *Introduction des données numériques et formule pratique particulière à ces pavillons.* — D'après les données que nous avons déjà indiquées, l'on trouve

$$\frac{S'}{a}=17{,}36,$$

et si nous faisons toujours $\beta = 0,01$,

$$\frac{2S'\beta}{3a} = 0,1157; \; h^0 = h' = h'' = 5^m,60; \; h^0 + h' + h'' = 16^m,8;$$

$$\frac{2S'\beta}{3a}(h^0 + h' + h'') \times 0,417 = 0,811:$$

$$S'' = 1^m,60, \; L = 12^m, \; \frac{2S''\beta}{3a} L = 2,419, \; \frac{2S''\beta L}{3a} \times 0,417 = 1,009$$

$$S = 4^m,935, \; A = 1^{mq},938, \; h_1 = 7^m,70, \; \frac{2S\beta h_1}{A} = 0,392$$

$$\begin{aligned} H_0 &= 3 \times 5^m,60 + 7^m,70 = 24^m,50 \\ H_1 &= 2 \times 5^m,60 + 7^m,70 = 18\;,90 \\ H_2 &= \phantom{2 \times{}} 5^m,60 + 7^m,70 = 13\;,30 \\ H_0 + H_1 + H_2 &= 56^m,70 \end{aligned}$$

Et si l'on fait de plus

$$\left(\frac{d_1}{d}\right) = 0,915$$

comme nous venons de l'admettre, la formule devient

$$U = \sqrt{\frac{19,62}{9,901}\left\{\frac{(D-d')56,70}{3d'} + \frac{(d'-d_1)h_1}{d'}\right\}}$$

$$= \sqrt{1,986\left\{\frac{(D-d')56,70}{3d'} + \frac{(d'-d_1)h_1}{d_1}\right\}}$$

165. *Comparaison des résultats de la formule avec ceux de l'expérience.* — Il ne nous reste plus qu'à substituer les valeurs des densités D, d', et d_1, résultant des températures T, t' et t_1, observées dans les expériences.

Pour rendre cette application plus concluante, nous choisirons les expériences faites dans les limites les plus écartées qui puissent se présenter, savoir : celles qui ont été exécutées les 11 et 20 janvier 1861 par des températures extérieures

de — 5° et — 2° * et celles qui l'ont été dans la nuit du 31 août 1861 ** par une température extérieure de + 16°.

Afin qu'il soit plus facile de saisir les conséquences de la la comparaison des résultats du calcul avec ceux de l'expérience, nous avons réuni dans le tableau suivant toutes les données d'observations et les valeurs que l'on en déduit pour

le terme $$\frac{(D-d')\,56,7}{3d'}+\frac{(d'-d_1)h_1}{d_1}$$

le seul qui varie d'une expérience à l'autre. Nous devons d'ailleurs rappeler que les expériences ayant été faites sur une section de $2^{mq},360$ de surface, tandis que le calcul est fait pour la section moyenne de $1^{m.q},938$, il y a lieu de ramener les vitesses calculées à ce qu'elles auraient été dans la section d'observation, en les multipliant par le rapport

$$\frac{1,938}{2,360}=0,821.$$

* *Annales du Conservatoire*, avril 1361, page 56, et chap. VI.
** *Expériences de vérification sur la ventilation d'été*, chap. VI.

DATES 1861.	TEMPÉRATURES ET DENSITÉS DE L'AIR — EXTÉRIEURE. Tempé-rature T	Densité D	DANS LES SALLES. Tempé-rature t'	Densité d'	DANS LA CHEMINÉE GÉNÉRALE D'ÉVACUATION. Tempé-rature t_1	Densité d_1	VALEUR DU FACTEUR $\frac{(D-d')56,7}{3d'}+\frac{(d'-d_1h^-)}{d_1}$	VALEUR DU RAPPORT $\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$	VITESSE D'ÉVACUATION DANS LA CHEMINÉE GÉNÉRALE — CALCULÉE POUR LA SECTION moyenne de A = 1mq.9	d'obser-vation 2mq.360	OBSERVÉE DANS LA SECTION de 2mq.260
	0	kil		kil		kil			m.	m.	m.
11 janvier. J.	—5	1,322	15°	1,230	19°	1,213	1,519	0,972	1,784	1,465	1,390
20 —	—2	1,307	15	1,230	18	1,218	1,259	0,980	1,624	1,334	1,240
31 août la nuit. Pavillons. N° 1	18°3	1,216	22 5	1,203	38 1	1,139	0,637	0,854	1,156	0,949	0,950
N° 3	18 3	1,216	22	1,200	41 2	1,128	0,770	0,883	1,280	1,051	0,940
N° 5	18 3	1,216	22	1,200	40 9	1,129	0,763	0,885	1,272	1,041	1,070
							Moyenne...	0,915			

166. *Conséquences du tableau précédent; accord des résultats du calcul avec ceux de l'observation.* — L'examen des résultats consignés dans ce tableau montre que, même pour le cas si complexe que nous venons d'examiner, le principe des forces vives ou du travail conduit à une formule qui s'accorde avec les résultats de l'observation, autant qu'on peut le désirer pour de semblables applications.

L'on remarquera d'ailleurs que la formule donne des valeurs de la vitesse qui sont pour ainsi dire identiques à celles qui ont été observées, et que, par conséquent, si on la prenait pour règle de l'établissement ou du calcul des effets des appareils, l'on ne risquerait pas de se tromper d'une manière notable.

167. *Influence relative des pertes de force vive et de la résistance des parois.* — Cette comparaison montre aussi quelle énorme influence exercent sur les effets que produiraient naturellement les différences de température, les pertes de force vive et la résistance des parois.

En effet, sans l'influence de ces deux causes le dénominateur de la fraction sous le radical, qui a ici la valeur de 9,901, dont la racine carrée est 3,146, serait réduit à l'unité. Par conséquent la vitesse que l'air peut posséder dans la cheminée d'évacuation se trouve par ces deux causes réduite à $\frac{1}{3,146}$ de ce qu'elle serait, si l'on avait pu les éviter. Cela met en évidence l'utilité de toutes les dispositions propres à atténuer ces effets, que l'on ne peut d'ailleurs se flatter de faire disparaître complétement.

Enfin, il y a lieu d'observer que dans cette valeur du dénominateur 9,901, les pertes de force vive entrent pour

$$0{,}726 + 7{,}049 = 7{,}775 \quad \text{ou pour} \quad \frac{7{,}775}{9{,}901} = 0{,}785\,,$$

et la résistance des parois pour 0,215 seulement.

Nous avons indiqué précédemment les moyens généraux

à employer pour diminuer les pertes de force vive, mais il faut remarquer que dans le cas actuel celle

$$M\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 U^2 = 3{,}244\, MU^2,$$

relative à la vitesse avec laquelle l'air s'échappe dans l'atmosphère est inévitable, pour assurer à l'évacuation la stabilité convenable qui ne peut être obtenue qu'avec des vitesses de 1^m à $1^m{,}50$ par seconde au moins, surtout quand la cheminée n'est pas pourvue d'appareils propres à la mettre à l'abri de l'action des bourrasques.

Quant au terme $3{,}795\, MU^2$ provenant du passage de l'air à travers les récipients destinés à l'échauffer pour produire l'appel, des dispositions convenables peuvent en atténuer la valeur, mais dans une assez faible proportion.

En ce qui concerne la résistance des parois, il est évident qu'il convient de restreindre autant que possible le développement des conduits parcourus et le rapport de leur périmètre à l'aire de leur section transversale. Or cette aire étant déterminée par la considération de la vitesse que l'air doit prendre dans les conduits, laquelle est toujours assez limitée, il conviendra d'adopter de préférence la forme circulaire pour les sections plutôt que la forme carrée, attendu que pour un carré de côté C le rapport $\frac{S}{A} = \frac{4C}{C^2} = \frac{4}{C}$, tandis que pour un cercle de diamètre D et dont la superficie $\frac{\pi D^2}{4}$ serait égale à celle C^2 du carré, ce rapport serait seulement

$$\frac{S}{A} = \frac{\pi D}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4}{D} = \frac{4}{C\sqrt{\frac{4}{\pi}}}$$

dont la valeur est inférieure à $\frac{4}{C}$, attendu que

$$\sqrt{\frac{4}{\pi}} = 1{,}129.$$

Mais le moyen le plus efficace de diminuer l'influence de la résistance des parois, c'est de rendre leur surface assez polie pour que le coefficient β de la résistance, au lieu d'acquérir la valeur $\beta = 0{,}01$, que nous avons adoptée et dont toutes les discussions précédentes prouvent l'exactitude, puisse devenir plus faible et se rapprocher le plus possible de celle $\beta = 0{,}0032$ qui est relative aux surfaces métalliques médiocrement polies. Il conviendrait donc que les parois de ces conduits fussent recouvertes au fur et à mesure de leur construction d'un enduit poli en stuc, ce qui ne serait ni difficile ni dispendieux et paraît avoir été fait à l'hôpital Lariboisière dans les pavillons ventilés par insufflation.

Ajoutons enfin qu'une grande propreté, des nettoyages fréquents sont indispensables, pour maintenir ces surfaces débarrassées de tous dépôts susceptibles d'altérer leur poli et surtout, comme nous l'avons dit plusieurs fois, pour détruire les toiles d'araignées, qui tendent successivement à s'y former.

168. *Corrélation à établir entre le chauffage et la ventilation.* — En général, il y a lieu de faire remarquer que dans tous les systèmes de chauffage et de ventilation, les deux ordres d'effets à obtenir sont liés l'un à l'autre et doivent être combinés de manière à satisfaire en toute saison aux conditions exigées ; c'est ce que les constructeurs oublient trop souvent.

Il faut en effet remarquer que les calorifères employés doivent à la fois fournir en tous temps la proportion minimum d'air nouveau jugée nécessaire, et la donner à une température telle que celle des locaux chauffés atteigne et ne dépasse pas les limites convenables.

Or, si l'hiver les poêles chauffés à l'eau ou à la vapeur, si les calorifères à air satisfont pour des températures extérieures données, quant au volume et à la température aux conditions imposées, il arrive souvent qu'il n'en est plus du tout de même au printemps, à l'automne et encore moins l'été ; tantôt, pour assurer la ventilation, l'on introduit de

l'air trop chaud; tantôt à l'inverse, quand la température paraît trop élevée, l'on restreint trop le volume d'air affluent ou celui que l'on extrait, et alors la présence des individus amène aussi la température à un degré trop élevé.

La difficulté vient de ce que la plupart des appareils ou des dispositifs employés ne sont pas pourvus de moyens accessoires convenables pour mêler à l'air chaud qu'ils fournissent un volume d'air extérieur froid suffisant pour que, en tous temps, le volume d'air exigé par la ventilation soit assuré.

En passant en revue les divers genres d'appareils, nous pourrons mettre ces défauts en évidence et en indiquer le correctif.

169. *Poêles à eau chaude ou à vapeur.* — Dans les poêles de ce genre, l'air affluent est chauffé en parcourant des tuyaux qui traversent le poêle dans toute sa hauteur ou en circulant dans des conduits; d'autres fois ces poêles sont disposés sous forme de tuyaux plus ou moins longs et renflés sur une partie de leur longueur.

Dans le premier cas, qui est celui des poêles à eau de M. L. Duvoir-Leblanc et des poêles à vapeur de M. Grouvelle, le volume d'air extérieur appelé par la circulation que détermine la chaleur du poêle est essentiellement dépendant de l'excès de la température du poêle sur celle de l'air extérieur et de la température de la salle. Si cette dernière doit rester constante et si la température extérieure s'élève, le volume d'air appelé diminue. Et cette diminution, qui provient de celle de l'excès $t-\mathrm{T}$ de la température du poêle sur celle de l'air extérieur, ne peut être évitée dans ces poêles où les sections de passage sont déterminées d'une manière invariable, parce que le volume d'air écoulé est toujours fourni par une expression de la forme

$$\mathrm{Q} = \mathrm{KA}\sqrt{2ga(t-\mathrm{T})\mathrm{H}}$$

dans laquelle K est un coefficient numérique, constant

pour chaque appareil ou dispositif et dépendant de ses proportions, A la somme des aires de passage offertes à l'air 2g, a et H des quantités constantes. Il est donc évident que le volume Q d'air introduit diminue proportionnellement au facteur

$$\sqrt{t - \mathrm{T}}.$$

Comme l'on ne peut éviter les variations de ce facteur, il faut, pour conserver au volume Q une valeur constante, rendre l'aire A des passages de l'air variable entre des limites assez étendues, pour que dans la saison du chauffage il soit possible de satisfaire à la double condition d'une température intérieure des salles constante et d'un volume d'air nouveau aussi constant ou à peu près.

Cela ne paraît pas impossible, en conservant aux poêles à eau chaude ou à vapeur leur forme ordinaire, si on le juge nécessaire.

Il faut d'abord que les conduits qui amènent l'air extérieur vers les poêles aient des sections beaucoup plus grandes que celles qu'on leur donne ordinairement et calculées de manière que, pour les plus basses températures auxquelles on est obligé de chauffer les poêles, et même pour les températures de printemps et d'automne où l'on ne chauffe pas, l'air puisse y passer au volume voulu.

Ainsi, dans le cas où la température des salles est fixée à 20° au maximum, et où celle de l'air extérieur serait de 16°, la différence $t - \mathrm{T}$ n'étant plus que de 4°, il faudrait calculer, d'après ce faible excès de température, la vitesse de passage qui en résulterait, et l'aire A serait donnée par la formule

$$\mathrm{A} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{K}\sqrt{2ga\,(t - \mathrm{T})\,\mathrm{H}}}.$$

Si, par exemple, il s'agissait d'une salle semblable à celle de l'hôpital Lariboisière où il y a trente deux lits, à chacun desquels on voudrait fournir par heure 60 mètres cubes d'air nouveau, ce qui ferait en tout 1920 mètres cubes par heure

ou $0^{m.c},533$ en 1″, la formule du n° **165** qui, pour ce cas, conduit à une vitesse moyenne de $0^m,462$, montrerait que la section doit être au moins égale à

$$A_3 = \frac{Q}{U} = \frac{0^{m.c},533}{0\ \ ,462} = 1^{m.q},154,$$

ou, s'il y a 4 poêles, à $0^{m.q},288$ par poêle.

Dans cet hôpital, l'aire des sections de conduits d'arrivée de l'air est par poêle $A = 0^{m.q},16$; mais elle est répartie entre deux canaux opposés dans l'un desquels, selon les vents, la circulation peut être contrariée. Il faudrait donc que chacun de ces deux conduits eût à lui seul la section voulue, attendu qu'il n'y a aucun inconvénient à offrir à l'air des passages plus larges qu'il ne serait nécessaire.

Mais cette large proportion des canaux d'appel de l'air nouveau serait à peu près inutile, si des débouchés équivalents ne lui étaient offerts, soit par les poêles, soit autrement. Or les poêles à eau ou à vapeur sont, sous ce rapport, généralement mal proportionnés. Ainsi à l'hôpital Lariboisière les poêles à eau chaude n'offrent par les tubes qu'une aire de passage $A = 0^{m.q},21$, et les poêles à vapeur une section de $0^{m.q},147$, et en outre les grilles placées sur ces deux systèmes de poêles réduisent beaucoup la section libre de passage.

Il convient donc de se réserver le moyen de faire varier ces sections de passage selon les saisons, de façon que pendant l'hiver, où la différence de température et par suite la vitesse d'écoulement sont plus grandes, la température reste dans les limites convenables; et que l'été, où la vitesse est faible, le volume puisse atteindre le chiffre voulu. Cela ne présente pas en réalité de difficultés; l'on peut y parvenir de diverses manières, que je ne crois pas nécessaire d'indiquer.

Lorsqu'au lieu de poêles on emploie pour échauffer l'air de simples tuyaux, dans lesquels circule de l'eau ou de la vapeur, et qui sont renfermés dans des gaînes ou conduits

en maçonnerie, ainsi que l'a pratiqué M. d'Hamelincourt, il suffit de donner à ces conduits des sections assez grandes pour que, sous l'action des moindres différences de température qui se présentent dans la saison de chauffage, il puisse y passer les volumes d'air voulus. Des ventelles régulatrices permettront de modifier et de régler l'affluence de cet air, quand les différences de température seront plus grandes.

Quant à la saison d'été, il y a encore moins de difficultés, attendu que les poêles n'étant pas chauffés, l'air qui les traverse arrive à la température extérieure et que dès lors, soit par leurs conduits particuliers, soit par des orifices auxiliaires, il devient facile, comme nous l'avons dit, de faire entrer les volumes d'air extérieur jugés nécessaires.

170. *Calorifères à air.* — Lorsque l'on emploie des calorifères à air chaud qui, l'hiver, fournissent presque tous de l'air à 80 ou 100° au moins, il est encore plus indispensable de mélanger cet air avec une proportion convenable d'air frais; à cet effet il convient, comme nons l'avons dit, de mettre ces calorifères en communication avec des chambres à air destinées au mélange de l'air chaud fourni par les calorifères et de l'air froid appelé du dehors.

C'est ce que négligent trop les constructeurs de ces appareils, quand ils les destinent non-seulement au chauffage, mais encore à la ventilation par appel; de sorte que l'on est rarement maître avec ces appareils de modérer la température et d'assurer un renouvellement suffisant de l'air. C'est ainsi qu'à l'hôpital Necker et surtout à l'hospice du Vésinet, après avoir disposé dans ces deux établissements les calorifères dans des chambres assez grandes, l'on a été obligé d'y pratiquer de larges orifices d'introduction directe de l'air extérieur, tant pour suffire aux besoins de la ventilation qu'afin de pouvoir régler les températures.

Enfin, outre ces précautions, il est nécessaire de disposer dans ces chambres des chicanes qui obligent l'air froid et

l'air chaud à se mélanger, car ils tendent beaucoup plus à rester séparés, même quand ils sont en mouvement, qu'on ne serait tenter de le croire.

171. *Observation relative à l'emploi d'appareils mécaniques.* — Il est bien évident que ces réflexions ne s'appliquent qu'aux dispositifs où la ventilation se fait par la seule action de l'appel, car dans ceux qui emploient des appareils d'insufflation, il suffit d'augmenter la vitesse de ces organes pour accroître dans une certaine proportion les volumes d'air qu'ils fournissent. Mais nous n'avons pas à nous occuper ici de ce mode de ventilation, qui conduit à des installations très-coûteuses, et à des dépenses journalières plus considérables que la ventilation par appel.

172. *Application au mouvement de l'air dans une cheminée en zinc chauffée par des becs de gaz.* — A l'occasion de recherches relatives aux cheminées des machines à vapeur, et qui feront partie d'un travail que nous publions en ce moment, M. Tresca et moi, nous avons fait exécuter au Conservatoire des arts et métiers, des expériences spéciales sur le mouvement de l'air dans une cheminée verticale en zinc de $0^{m},24$ de diamètre, dont la hauteur a varié de 11 mètres à 13 mètres.

Le mouvement de l'air était produit par la chaleur que développaient des becs de gaz allumés à la partie inférieure de cette cheminée, placée dans la tour de la galerie d'expérimentation à l'abri de l'action du vent et du soleil.

Malgré cette situation, dans un lieu où la température était à peu près la même en bas et en haut, où il ne se formait en apparence aucun courant d'air sensible, il se produisait dans cette cheminée un mouvement très-appréciable, et dont il a été nécessaire de tenir compte dans l'examen des résultats immédiats des expériences, afin de ne pas en confondre l'effet avec celui de la chaleur développée par les becs de gaz. Cette précaution était d'autant plus nécessaire que dans le cas actuel les températures ont toujours été assez

basses. Elle le serait évidemment beaucoup moins si l'on opérait à des températures bien plus élevées que celles de l'air extérieur.

La vitesse de l'air dans la cheminée a été mesurée à l'aide d'un anémomètre de M. Combes, dont la formule était :

$$V = 0^{m},18 + 0,043N.$$

La température de l'air sortant était déterminée à la partie supérieure de la cheminée, et le volume de gaz consommé était donné par un compteur.

Les becs de gaz étant placés à $0^{m},10$ dans l'intérieur du tuyau, la colonne d'air chaud avait $10^{m},90$ de hauteur.

Pour discuter les résultats de ces expériences, on les a comparés à ceux de la formule théorique du n° **106** de la vitesse d'écoulement qui, pour le cas actuel, se réduit à :

$$U = \sqrt{\frac{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L}{D}\beta}}.$$

et dans laquelle on pourrait même négliger le terme $\left(\frac{1}{m}-1\right)^2 = 0,0625$, à cause de $m = 0,80$.

La vitesse U donnée par cette formule ne diffère de celle qui correspond au numérateur :

$$\sqrt{\frac{2gH(t-T)}{1+aT}}$$

et que nous désignerons par U', que par le dénominateur :

$$\sqrt{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L}{D}\beta},$$

qui tient compte des pertes de force vive à l'entrée et à la sortie ainsi que de la résistance des parois.

Par conséquent la comparaison de la vitesse :

$$U' = \sqrt{\frac{2ga\mathrm{H}(t-\mathrm{T})}{1+a\mathrm{T}}}$$

avec la vitesse observée U ou celle de leurs carrés U'^2 et U^2, nous fera voir si le rapport de ces valeurs est constant, et si les effets observés suivent effectivement la marche indiquée par la formule, en même temps qu'elle nous fournira la valeur du dénominateur :

$$1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8\mathrm{L}}{\mathrm{D}}\mathrm{B}$$

qu'il conviendrait d'adopter pour que les résultats de la formule et ceux de l'expérience fussent d'accord.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans les tableaux suivants, dont le premier contient les données mêmes des observations faites avant et pendant l'allumage des becs.

D'après ces données nous pouvons calculer, comme il a été dit plus haut, la valeur des vitesses U' et U, ainsi que le rapport $\frac{U'^2}{U^2}$ de leurs carrés, ce qui fournit les résultats consignés dans le second tableau ci-après :

MOUVEMENT DE L'AIR DANS UNE CHEMINÉE EN ZINC CHAUFFÉE AU GAZ.

NOMBRE de becs allumés.	LITRES de gaz brûlés par heure.	TEMPÉRATURE ambiante au bas de la cheminée.	TEMPÉRATURE de l'air en haut de la cheminée.	TOURS de l'anémomètre en 1''.	VITESSE de l'air en haut de la cheminée.	VITESSE DE L'AIR résultant de l'échauffement par les becs.	EXCÈS de température qui produit l'écoulement $t-T$.
	lit.				m.	m. m. m.	
0	0,00	6°5	5,00	9,42	0,83	» »	» »
4	200,00	6 5	13,50	22,06	2,09	2,09 — 0,83 = 1,26	13°5 — 6°5 = 7°0
3	176,00	6 5	12,00	19,78	1,88	1,88 — 0,83 = 1,05	12 0 — 6 5 = 5 5
2	103,00	6 5	10,00	18,00	1,73	1,73 — 0,38 = 0,90	10 — 6 5 = 3 5
1	57,00	6 5	8,50	15,26	1,49	1,49 — 0,83 = 0,66	8 5 — 6 5 = 2 0

MOUVEMENT DE L'AIR DANS UNE CHEMINÉE EN ZINC CHAUFFÉE AU GAZ.

VALEURS de $t - T$.	VALEURS de $2ga H(t - T)$	VALEURS de $1 + aT$.	VALEURS de U'^2.	VALEURS de U^2 d'après l'observation	RAPPORT $\frac{U'^2}{U^2}$.	LITRES de gaz brûlés par heure.	VOLUME d'air écoulé par heure par l'effet des becs.	VOLUME d'air écoulé par mètre cube de gaz brûlé.	VOLUME d'air écoulé par unité de chaleur développée.	OBSERVATIONS.
						lit.	m.c	m.c	m.c	
7°0	5,550	1,024	5,420	1,588	3,41	200	205,0	1025	0,171	Le volume d'air écoulé par le tuyau avant l'allumage du gaz était de 35m par heure ; il n'est pas compris dans les volumes indiqués ci-contre.
5 5	4,269	1,024	4,169	1,102	3,75	176	170,8	970	0,161	
3 5	2,775	1,024	2,519	0,810	3,11	103	146,4	1421	0,237	
2 0	1,494	1,024	1,459	0,436	3,35	57	107,4	1884	0,3140	
				Moyenne...	3,40					

173. *Conséquence des résultats contenus dans ce tableau.* — L'examen des résultats précédents montre que les carrés des vitesses U′ calculées et U observées sont dans un rapport constant, comme l'indique la théorie. L'on pourrait même en déduire la valeur de ce rapport, qui devrait être égal à :

$$1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L}{D}\beta=3,40$$

et par suite la valeur du coefficient β.

174. *Observation relative à la perte de chaleur par les parois.* — Mais il faut remarquer que la cheminée en zinc, sur laquelle nous avons opéré, n'avait aucune enveloppe, qui permît d'empêcher en partie la déperdition de chaleur, et que par conséquent les températures, ainsi que les vitesses observées, ont été notablement plus faibles que si cette déperdition avait pu être évitée. Si donc l'on se servait de la relation précédente, l'on serait conduit à une appréciation trop élevée des résistances.

La cheminée étant d'ailleurs en zinc à surface unie, il paraît naturel d'admettre que le coefficient β devait y avoir la valeur $\beta=0,00315$ déduite des expériences de M. d'Aubuisson sur des tuyaux en fer blanc.

En introduisant cette valeur dans le dénominateur de la formule, il devient :

$$1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L}{D}\beta=2,207,$$

et si à l'aide de cette valeur, nous calculons les vitesses théoriques U′, que la formule fournirait, pour les comparer aux vitesses observées nous trouverons les résultats suivants :

VALEURS de $t-T$.	VALEURS de $2gaH(t-T)$.	VALEURS de $1+aT$.	VALEURS de U'	VALEURS de U	RAPPORT $\frac{U}{U'}$
			m.	m.	
7°0	5,550	1,024	1,567	1,260	0,604
5 5	4,169	1,024	1,358	1,050	0,773
3 5	2,519	1,024	1,058	0,900	0,890
2 0	1,459	1,024	0,804	0,660	0,821
				Moyenne...	0,822

175. *Conséquences de ces résultats.* — Il suit de la comparaison que nous venons de faire que les vitesses réelles d'évacuation produites par la chaleur développée par le gaz brûlé ne sont en moyenne que les 0,822 des vitesses que fournirait, dans ce cas la formule théorique qui ne tient pas compte du refroidissement de l'air.

Par conséquent pour cette cheminée, telle qu'elle était installée dans nos expériences, la formule pratique, qui donnerait les vitesses de l'air correspondantes à un excès $t-T$ de la température de l'air sortant sur celle de l'air extérieur, serait

$$U = 0,822\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L}{D}\beta}}$$

dans laquelle $a = 0,003665$ et où l'on ferait $m = 0,80$ et $\beta = 0,00315$.

L'on tiendrait ainsi implicitement compte des pertes de chaleur qui diminuent la vitesse théorique de 0,178 de sa valeur.

176. *Volume d'air écoulé par la cheminée par mètre cube de gaz brûlé.* — Les expériences précédentes nous ont permis de comparer le volume d'air écoulé par l'effet de la chaleur développée par le gaz brûlé au volume de ce gaz, et l'on trouve dans la 9e colonne du numéro (**172**) le nombre de mètres cubes d'air que la combustion d'un mètre cube de gaz

a fait écouler par le tuyau, en plus du volume qui y passait par l'action de la ventilation naturelle.

L'on voit, par les chiffres qui y sont consignés, que malgré une anomalie fournie par la deuxième expérience, qui a, du reste, indiqué une résistance plus grande que les autres dans le tuyau, le volume d'air écoulé par mètre cube de gaz brûlé, croît à mesure que la température dans le tuyau devient moins élevée ; ce qui justifie complétement ce que nous avons dit de l'avantage des faibles excès de température.

177. *Volume d'air écoulé par unité de chaleur développée dans le tuyau.* — Pour permettre de rattacher ces résultats à des expériences analogues, que nous nous proposons de faire avec d'autres combustibles que le gaz, nous avons calculé le volume d'air écoulé qui correspond au développement d'une unité de chaleur dans le tuyau. Il nous a suffi pour cela de diviser les volumes d'air correspondant à la combustion d'un mètre cube de gaz par le nombre 6000 des unités de chaleur que développe la combustion d'un mètre cube.

On a trouvé ainsi les nombres inscrits dans la dixième colonne du tableau du nº **175**. Ils croissent naturellement aussi à mesure que la quantité de chaleur dépensée devient moindre, et rendent manifeste l'influence des moindres différences de température sur les effets de la ventilation, en montrant que deux degrés seulement d'excès de la température intérieure sur la température ambiante au bas de la cheminée ont suffi pour produire dans ce tuyau un écoulement d'air de $1884^{m.c}$ par mètre cube de gaz brûlé, ou de $0^{m.c}314$ par unité de chaleur dépensée.

178. *Cas d'un tuyau terminé par un ajutage conique.* — La formule du nº **106**, qui donne la vitesse moyenne dans le tuyau ou cheminée d'évacuation de l'air, peut être mise sous la forme

$$U = \sqrt{\frac{2ga\dfrac{(t-T)H}{1+aT}}{\left(\dfrac{A}{m_1 A_1}\right)^2 + K}}$$

en désignant par K l'ensemble des termes

$$\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\left(\frac{A}{m'A'}-1\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2+\left(1-\frac{A}{O}\right)^2+2\frac{SL}{A}\beta.$$

Si l'on veut en déduire la valeur de la vitesse V_1 à la sortie de la cheminée par l'orifice A_1, l'on a, au moyen de la relation,

$$m_1 A_1 V_1 = AU$$

qui suppose que la température et la densité ne changent pas,

$$V_1 = \frac{A}{m_1 A_1} U = \sqrt{\frac{2ga\frac{(t-T)H}{1+aT}}{1+\left(\frac{m_1 A_1}{A}\right)^2 K}}$$

Cette formule montre que la vitesse de sortie par l'orifice A_1 croît d'autant plus rapidement que la fraction $\frac{m_1 A_1}{A}$ est plus petite.

179. *Application aux expériences faites sur une cheminée en zinc, terminée par un ajutage conique allongé.* — J'ai déjà fait connaître dans le numéro des annales du Conservatoire publié en avril 1861, les résultats généraux des expériences que nous avons exécutées au Conservatoire des arts et métiers, sur l'effet du rétrécissement du débouché des cheminées, et j'avais ajourné à une autre époque la discussion des résultats de ces expériences, au point de vue de la vérification des principes de la théorie.

C'est ici le lieu de reprendre cette question et d'appliquer la formule précédente, pour en comparer les résultats à ceux de l'observation. La cheminée employée était celle dont il a été déjà question aux n^os **175** et suivants. Son diamètre intérieur était de $0^m,24$ et elle était surmontée d'un ajutage conique allongé, d'un mètre de hauteur, ayant au sommet un diamètre de $0^m,10$ seulement; ce qui assigne, d'après les

expériences connues, au coefficient m_1 relatif à cet orifice la valeur $m_1 = 0{,}90$.

Cet ajutage a été successivement raccourci pour obtenir des orifices d'évacuation du diamètre de

$$0^m{,}10 \quad 0^m{,}14 \quad 0^m{,}18 \quad \text{et} \quad 0^m{,}22\,;$$

ce qui, en même temps, a fait varier la hauteur H de la cheminée, qui a été de

$$13^m{,}00 \quad 12^m{,}72 \quad 12^m{,}42 \quad \text{et} \quad 12^m{,}14.$$

Les températures ambiantes ont été observées en bas et en haut de la cheminée, et pour tenir compte implicitement de la ventilation naturelle due à la différence de température de l'air ambiant au sommet et au bas de la cheminée, nous avons introduit dans les calculs pour la température T de l'air extérieur, la valeur $T = 8^0{,}5$ qui était celle de l'air en haut de cette cheminée.

Dans le cas actuel le terme K de la formule du n° **106** a pour valeur.

$$K = \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \frac{8L}{D}\beta$$

et l'on a ici

$m = 0{,}80$, d'où $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 = 0{,}0625$, $L = 12^m{,}57$ en moyenne

$$D = 0^m{,}24,\quad \beta = 0{,}00315 \text{ et } \frac{8L}{D}\beta = 1{,}3198$$

d'où $$K = 1{,}38.$$

On a d'ailleurs $2g = 19^m{,}62$ $\quad a = 0{,}003665$, et la formule devient pour les données des expériences

$$V_1 = \sqrt{\frac{0{,}0697\,(t - T)\,H}{1 + 1{,}38\left(\frac{m_1 A_1}{A}\right)^2}}$$

dans laquelle il suffira de substituer les données relatives aux différens cas, pour en déduire les valeurs de la vitesse théorique V_1, à la sortie de l'ajutage.

A l'aide de la formule ci-dessus et des données précédentes on a formé le tableau suivant.

EXPÉRIENCES FAITES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS LE 8 FÉVRIER 1860 SUR LE RÉTRÉCISSEMENT DU DÉBOUCHÉ DES CHEMINÉES.

NUMÉROS.	NOMBREM de becs allu és.	DIAMÈTRE des orifices.	VALEURS de $\left(\frac{m_1 A_1}{A.}\right)$	HAUTEUR de la cheminée. H.	TEMPÉRATURE AMBIANTE en bas. T.	TEMPÉRATURE AMBIANTE en haut. T.	TEMPÉRATURE AU débouché t.	DIFFÉRENCE. $t - T.$	VITESSES AU DÉBOUCHÉ calculées V_1.	VITESSES AU DÉBOUCHÉ observée.	RAPPORT de ces vitesses.	VITESSES dues à la chaleur des becs de gaz.	RAPPORT des vitesses dues à la chaleur aux vitesses théoriques.
		m.		m.					m.	m.		m.	
1	4	0,22	0,573	12,14	6°,0	8°,5	21°	12°5	2,729	2,55	0,861	»	»
2	4								2,719	2,40	0,879	»	»
3	0						8	»		0,77			
4	4	0,18	0,256	12,42	6,0	8,5	21,5	13,0	2,884	2,81	0,974	2,04	0,708
5	4						21,5	13,0	2,884	2,80	0,971	2,03	0,704
6	0					8,5	8,5			0,61			
7	4	0,14	0,094	12,72	6,0	8,5	25,0	16,5	3,592	3,10	0,861	2,49	0,692
8	4					8,5	25,0	16,5	3,598	3,20	0,889	2,59	0,719
9	0					8,5	8,5	»	»	1,30			
10	4	0,10	0,024	13,00	6,0	8,5	30,0	21,5	4,343	4,23	0,975	2,93	0,668
11	4					8,5	30,0	21,5	4,343	4,37	1,003	3,06	0,704
										Moyenne	0,927		0,716

180. *Conséquences des résultats obtenus dans le tableau précédent.* — Les résultats d'observation et de calcul consignés dans le tableau montrent que la formule

$$V_1 = \frac{A}{m_1A_1} U = \sqrt{\frac{2ga\,\frac{(t-T)H}{1+aT}}{1+\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L\beta}{D}\right\}\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2}}$$

représente avec l'exactitude désirable pour la pratique les résultats de l'expérience, et qu'en lui appliquant le cofficient de réduction 0,927, on aurait pour formule pratique dans les cas analogues

$$V_1 = 0{,}927\sqrt{\frac{2ga\frac{(t-T)H}{1+aT}}{1+\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L\beta}{D}\right\}\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2}}$$

en ne tenant pas compte de la ventilation naturelle, ou

$$V_1 = 0{,}716\sqrt{\frac{2ga\,\frac{(t-T)H}{1+aT}}{1+\left\{\left(\frac{1}{m}-1\right)^2+\frac{8L\beta}{D}\right\}\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2}}$$

si l'on déduit des vitesses observées celles qui sont produites par la ventilation naturelle.

181. *Application aux expériences faites sur la cheminée d'un lustre au Conservatoire des arts et métiers.* — Le numéro des *Annales du Conservatoire* du mois d'avril 1861 contient les résultats généraux des expériences exécutées sur l'écoulement de l'air par une cheminée cylindrique de $0^m,21$ de diamètre, qui surmontait un chapiteau tronconique placé au-dessus d'un lustre de 34 becs de gaz. Cette cheminée, qui avait dans sa partie cylindrique 5 mètres de hauteur, a reçu à son sommet des ajutages coniques dont les génératrices étaient inclinées à 45° sur l'axe, et dont les ouvertures ont

varié, de sorte que l'orifice du débouché a eu successivement les diamètres de :

$0^m,210$, | $0^m,200$, | $0^m,180$, | $0^m,158$, | $0^m,132$, |

$0^m,115$, | $0^m,095$ et $0^m,082$

et par conséquent les surfaces A_1

$0^{m \cdot q},03462$, | $0^{m \cdot q},03142$, | $0^{m \cdot q},02545$, | $0^{m \cdot q},01960$, |

$0^{m \cdot q},01495$, | $0^{m \cdot q},01040$, | $0^{m \cdot q},00710$, | $0^{m \cdot q},00528$ |

Par suite de la présence du chapeau qui recouvrait les becs, le coefficient de contraction à l'entrée du gaz dans la partie cylindrique de la cheminée était assez grand pour que le terme $\left(\frac{1}{m}-1\right)^2$ du dénominateur de la formule du numéro **106** pût être négligé.

Par conséquent, elle se réduit, pour le cas actuel, à

$$V_1=\sqrt{\frac{2ga\frac{(t-T)}{1+aT}H}{1+\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2\frac{8L\beta}{D}}}$$

Nous adopterons pour m_1 la valeur $m_1=0,85$ et attendu que dans ces expériences on avait $T=6^0$, $H=5$ mètres, $L=5$ mètres, $D=0^m,25$ et $\beta=0,00315$

$$\frac{2gaH}{1+aT}=0,3517 \qquad \text{et} \qquad \frac{8L}{D}\beta=0,50 \quad A=0^{m \cdot q},0490,$$

la formule devient pour ces expériences

$$V_1=\sqrt{\frac{0,3517\,(t-T)}{1+0,5\left(\frac{m_1A_1}{A}\right)^2}}.$$

Pour la comparaison des résultats de la formule avec ceux de l'observation, nous admettrons pour la température ambiante, la valeur $T=6^0$.

Dans ces expériences, qui avaient un but spécial, outre la question dont nous nous occupons aujourd'hui, l'on n'a pas, comme dans les précédentes, déterminé la vitesse produite par la ventilation naturelle. Il n'a donc pas été possible de la déduire de la vitesse totale observée, ce qui a dû augmenter assez sensiblement le rapport de la vitesse réellement produite à celle que l'on déduit de la formule. Les résultats du calcul et ceux de l'observation sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES FAITES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS, LE 8 MARS 1861 SUR LA CHEMINÉE D'UN LUSTRE DE 34 BECS.

NUMÉROS des expériences.	DIAMÈTRE des orifices.	AIRE des orifices d'écoulement A_1	VALEURS de $\left(\frac{m_1 A_1}{A}\right)^2$	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1″.		VITESSES TOTALES observées.		VITESSES calculées.	RAPPORTS des vitesses totales observées à la vitessse calculée.
	m.	m.q.				m.	m.	m.	
1 2	0,210	0,03462	0,361	71,67 70,00	70,83	4,117 4,031	4,074	4,532	0,898
3 4	0,200	0,03142	0,297	73,33 73,33	73,33	4,200 4,200	4,200	4,824	0,870
5 6	0,180	0,02545	0,195	73,33 75,00	74,16	4,200 4,280	4,240	5,126	0,827
7 8	0,158	0,01960	0,116	83,33 83,33	83,33	4,690 4,690	4,690	5,590	0,839
9 10	0,132	0,01495	0,043	88,33 87,50	87,92	4,934 4,894	4,914	5,838	0,842
11 12	0,115	0,01040	0,032	95,00 95,00	95,00	5,262 5,262	5,262	6,282	0,837
13 14	0,095	0,00710	0,015	111,67 106,67	109,17	6,080 5,834	5,957	6,526	0,913
15 16	0,082	0,00528	0,008	110,00 108,33	109,16	6,000 5,900	5,950	6,644	0,896
									0,864

182. *Conséquence des résultats précédents.* — On voit par l'examen des rapports inscrits dans la huitième colonne du tableau précédent que les résultats de l'expérience suivent, avec une assez grande régularité, ceux de la formule, surtout si l'on tient compte des incertitudes que présente l'expérience elle-même.

Les rapports consignés dans la huitième colonne, obtenus sans tenir compte de la ventilation naturelle ont pour moyenne 0,864, de sorte que les résultats des expériences pourraient être représentés avec l'exactitude désirable par la formule

$$V_1 = 0,864 \sqrt{\frac{2ga\dfrac{(t-T)}{1+aT}H}{1+\left(\dfrac{m_1 A_1}{m}\right)^2 \dfrac{8L\beta}{D}}}.$$

183. *Concordance des résultats des trois séries d'expériences sur les tuyaux en zinc.* — La discussion des trois séries d'expériences précédentes faites sur des cheminées cylindriques, sans ou avec ajutage, et où la température de l'air dans la cheminée a varié dans ces limites étendues de 6^0 à 132^0, montre que, dans tous les cas, les effets suivent la marche indiquée par la théorie.

Quant au rapport des vitesses observées aux vitesses calculées ou au coefficient qu'il faudrait appliquer à la formule théorique pour en déduire les vitesses réelles d'écoulement, il a été trouvé pour la cheminée sans ajutage, déduction faite de la ventilation naturelle égale à.......... 0,822

La cheminée avec ajutage allongé............. 0,716

La cheminée des lustres avec ajutage court, sans déduction de la ventilation naturelle......... 0,864

Ce dernier coefficient est très-probablement un peu trop fort, mais on s'éloignera néanmoins assez peu de la vérité en adoptant pour la formule théorique dans des cas analogues le coefficient 0,800.

184. *Volume d'air écoulé par mètre cube de gaz brûlé, et par unité de chaleur développée.* — Les deux séries précédentes d'expériences nous ont permis de constater l'influence simultanée du rétrécissement de l'orifice et de l'accroissement de température qu'il occasionne.

Connaissant la vitesse d'écoulement, la section A_1 de l'orifice et le coefficient $m = 0,90$ de la dépense pour l'ajutage allongé et $m_1 = 0,85$ pour l'ajutage à 45°, on a d'abord déterminé le volume d'air écoulé à la température observée t, et on l'a réduit à celui qu'il occupait à celle de $T = 6°$, puis l'on a déterminé le volume d'air à cette température qui correspondait à chaque mètre cube de gaz brûlé; et enfin en divisant ces derniers volumes par 6000, nombre d'unités de chaleur correspondant à la combustion d'un mètre cube de gaz, on a obtenu le nombre de mètres cubes d'air évacué par unité de chaleur développée.

C'est ainsi qu'ont été formés les tableaux suivants, relatifs le premier à la cheminée en zinc avec ajutage conique allongé, le deuxième à la cheminée du lustre de 34 becs avec ajutage à 45°.

VOLUMES D'AIR ÉCOULÉ PAR MÈTRE CUBE DE GAZ BRULÉ ET PAR UNITÉ DE CHALEUR DÉVELOPPÉE DANS UNE CHEMINÉE EN ZINC TERMINÉE PAR UN AJUTAGE ALLONGÉ.

NUMÉROS des expériences.	NOMBRE de becs allumés.	VOLUME de gaz brûlé par heure.	VITESSES moyennes observées à la sortie dues au gaz V_1	DIAMÈTRE des orifices.	AIRE des orifices contraction comprise. $m_1 A$	TEMPÉRATURE de l'air à la sortie. t	EXCÈS de température produit par le gaz $t—T$	VOLUME D'AIR ÉCOULÉ par heure		VOLUME D'AIR A 6° écoulé		PORTION de la chaleur développée conservée par l'air écoulé.
								à la température observée.	réduit à la température ambiante de 6°	par mètre cube de gaz brûlé.	par unité de chaleur développée	
		lit.		m.	m. q.			m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	
1	4	387	»	0,22	0,0342	21° 0	15°	»	»	»	»	»
2	4	387										
3	0	0										
4	4	379	2,035	0,18	0,0229	21 50	15,5	167,76	158,87	419,0	0,070	0,454
5	4	379										
6	0	0										
7	4	387	2,540	0,14	0,0138	25 0	19,0	126,00	117,94	304,8	0,051	0,379
8	4	387										
9	0	0										
10	4	387	2,995	0,10	0,0071	30	24,0	76,54	70,42	181,9	0,035	0,307
11	4	387										

VOLUMES D'AIR ÉCOULÉ PAR MÈTRE CUBE DE GAZ BRULÉ ET PAR UNITÉ DE CHALEUR DÉVELOPPÉE DANS LA CHEMINÉE DU LUSTRE DE 34 BECS.

NUMÉROS des expériences.	NOMBRE DE BECS.	LITRES de gaz brûlé par heure.	VITESSES moyennes observées	AIRES des orifices avec contraction $m_1 A$.	DIAMÈTRES des orifices.	TEMPÉRATURE de l'air à la sortie.	EXCÈS de température produit par le gaz.	VOLUME D'AIR ÉCOULÉ EN UNE HEURE à la température observée.	VOLUME D'AIR ÉCOULÉ EN UNE HEURE réduit à 6 degrés.	VOLUME d'air à 10 degrés écoulé par mètre cube de gaz brûlé.	VOLUME d'air écoulé par unité de chaleur développée	COEFFICIENT de réduction du volume $\frac{1+\alpha T}{1+at}$	PORTION de la chaleur développée conservée par l'air écoulé.
		lit.	m.	m.q.	m.			m.c.	m.c.	m.c.	m.c.		
1 et 2	34	2286	4,074	0,0294	0,210	78°	72°	411,28	326,56	142,85	0,0238	0,794	0,468
3 et 4			4,200	0,0267	0,200	82	76	403,20	316,91	138,19	0,0230	0,786	0,462
5 et 6			4,240	0,0216	0,180	88	82	327,60	253,23	110,77	0,0185	0,773	0,405
7 et 8			4,690	0,0167	0,158	100	94	270,00	201,69	87,32	0,0145	0,747	0,345
9 et 10			4,914	0,0127	0,132	105	99	224,64	165,56	72,42	0,0121	0,737	0,241
11 et 12			5,262	0,0088	0,115	120	114	166,68	118,18	53,23	0,0089	0,709	0,240
13 et 14			5,957	0,0060	0,095	128	122	128,52	89,32	39,07	0,0065	0,695	0,184
15 et 16			5,950	0,0045	0,082	132	126	96,48	66,38	29,04	0,0045	0,688	0,130

185. *Conséquences des deux tableaux précédents.* — Les résultats consignés dans ces tableaux sont complétement d'accord avec ceux que nous avons déduits de la série d'expériences faites sur la cheminée en zinc sans ajutage, pour montrer avec quelle rapidité les rapports des volumes d'air écoulé aux volumes de gaz brûlé et à la chaleur développée diminuent à mesure que la température s'élève.

Dans les appareils de ventilation par aspiration à l'aide de la chaleur, on ne saurait donc apporter trop d'attention à renfermer la température d'échauffement de l'air appelé dans des limites aussi restreintes qu'il sera possible. La même conclusion s'applique aussi aux calorifères de différents genres dans lesquels on échauffe l'air qui doit être conduit dans différents locaux, et qui fonctionnent en réalité comme des appareils de ventilation; ils doivent être soumis aux mêmes règles.

Il en résulte implicitement cette conséquence, que les calorifères les plus économiques, ou plutôt ceux qui, par unité de chaleur développée ou par kilogramme de charbon brûlé doivent fournir le plus grand volume d'air, sont ceux qui fonctionnent à plus basse température. Sous ce rapport, l'avantage appartiendra donc aux calorifères à eau chaude, qui fournissent de l'air de 35 à 40° au plus, tandis que les calorifères à air chaud élèvent celui qu'ils débitent à 60 ou 80°, et parfois plus.

186. *Représentation graphique des formules et des résultats de l'expérience.* — La discussion précédente de tous les résultats d'observations et d'expériences directes nous ayant montré que les phénomènes de la circulation de l'air dans les dispositifs les plus compliqués suivent la marche indiquée par la théorie, on peut regarder comme établi à la fois par la théorie et par l'expérience que la vitesse de l'air dans une cheminée ou à son orifice d'évacuation sera toujours exprimée par la formule

$$V = \sqrt{\frac{\frac{2gaH}{1+aT}(t-T)}{1+K}},$$

dans laquelle les termes $\frac{2gaH}{1+aT}$ et $1+K$ sont constants pour une même cheminée ou appareil de ventilation et pour une même température extérieure T; de sorte qu'en posant

$$\frac{2gaH}{(1+aT)(1+K)}=N,$$

cette expression pourra être mise sous la forme

$$V^2=N(t-T),$$

qui est l'équation d'une parabole passant par l'origine des abscisses $t-T$ et dont les ordonnées V représenteraient les vitesses, ou, plus simplement encore, celle d'une ligne droite dont les abscisses seraient les différences de température $t-T$, et les ordonnées les carrés des vitesses.

De cette observation, que nous avons déjà faite au chapitre précédent, résulte non-seulement un moyen facile de représenter les résultats de la formule et de les comparer à ceux de l'expérience, mais, ce qui peut être beaucoup plus utile, un procédé purement graphique pour déterminer toutes les valeurs de la vitesse que l'air peut prendre dans un appareil donné à l'aide d'un très-petit nombre d'observations.

En effet, en portant sur une ligne d'abscisses les excès observés $t-T$ de la température intérieure t de la cheminée sur la température extérieure T, et aux points correspondants des ordonnées égales au carré des vitesses observées les points ainsi déterminés devront, si les observations ont été bien faites, se trouver tous sur une droite passant par l'origine; et alors, pour obtenir la valeur du carré de la vitesse correspondante à un excès quelconque de la température dans le même appareil, il suffira de déterminer l'ordonnée de cette droite correspondante au nouvel excès de température.

On voit même qu'il suffirait d'une seule observation bien faite, bien vérifiée, pour tracer la ligne droite, puisqu'elle

doit passer par l'origine des coordonnées, pour pouvoir déterminer les effets de l'appareil de circulation d'air considéré à toutes les autres températures intérieures.

Réciproquement, si l'on a constaté qu'une certaine vitesse correspond à une température donnée, il sera facile, à l'aide de ce tracé, de trouver la température à laquelle il faudrait élever l'air pour obtenir une autre vitesse donnée et correspondante à un débit différent.

Cette nouvelle température étant une fois connue, ainsi que le volume d'air que l'on veut évacuer, on en déduira facilement le nombre d'unités de chaleur qu'il faudrait lui communiquer, et par conséquent la quantité de combustible à employer pour obtenir le résultat désiré, en admettant que la cheminée étant construite en briques ou en autres matériaux peu conducteurs, elle utilise pour l'échauffement de l'air à peu près toute la chaleur développée par le combustible, ce qui s'éloigne alors peu de la vérité, comme le montrent des expériences directes dont il sera parlé plus loin (chap. VII).

En effet, soit Q le volume d'air à la température extérieure T, que l'on veut faire écouler en l'élevant à la température t, ce volume deviendra dans la cheminée d'évacuation

$$Q \times \frac{1+at}{1+aT} = Q'^{\text{m.c}},$$

et sa densité sera $$d = \frac{1.298}{1+at}.$$

Le nombre d'unités de chaleur qu'il devra absorber pour atteindre la température t sera

$$Q'd \times t \times 0{,}237 = C \text{ calories};$$

ce qui donne le nombre d'unités de chaleur à dépenser.

Si, par exemple, on voulait employer directement l'action du gaz d'éclairage, sachant que chaque mètre cube de gaz développe 6000 unités de chaleur, en divisant le nombre C

des calories à produire par 6000, on aura le nombre de mètres cubes de gaz à brûler, et par suite celui des becs à installer dans l'appareil de ventilation donné.

186. *Comparaison du volume d'air à* 10° *écoulé au volume d'air nécessaire à la combustion du gaz.* — On sait que pour brûler complétement un mètre cube de gaz d'éclairage il faut $1^{m.c},6$ d'oxygène ou $7^{m.c},50$ d'air. Or, dans les expériences dont nous venons de faire connaître les résultats, les 34 becs du lustre brûlaient par heure $2^{m.c},281$ de gaz, et le débit minimum d'air à 10° ayant été de $21^{m.c},95$ avec un ajutage de $0^{m},082$ de diamètre, cela correspond à une dépense d'air de $9^{m.c},62$ par mètre cube de gaz, ce qui était encore supérieur au volume théoriquement nécessaire de $7^{m.c},50$.

La section de l'orifice d'échappement de $0^{m},082$ de diamètre, égale à $0^{m.q},00528$, ayant été plus que suffisante pour assurer la combustion de $2^{m.c},281$ de gaz, et correspondant à une superficie de $0^{m.q},0023$ par mètre cube de gaz brûlé, il s'ensuit que cette proportion de 23 centimètres carrés d'orifice à l'extrémité du tuyau, par mètre cube de gaz brûlé est plus que suffisante pour une bonne combustion, tout en empêchant la température de s'élever au delà de 130 et quelques degrés.

Si, pour être plus certain des résultats, on veut porter la proportion de l'orifice du tuyau à placer au-dessus d'un lustre à 25 centimètres carrés par mètre cube de gaz, et que l'on conserve au tuyau cylindrique la même proportion que dans les expériences, où il avait $\frac{0,25^2}{1,273} = 0^{m.q},0492$,

soit $\frac{0^{m.q},0492}{2^{m.q},281} = 0^{m.q},0219$, soit 220 centimètres carrés par mètre cube de gaz, on aura, pour proportionner les tuyaux d'évacuation des produits de la combustion les règles suivantes :

Partie cylindrique de la cheminée...	$220^{c.q}$	par mètre cube
Orifice de l'ajutage conique.......	$25^{c.q}$	de gaz brûlé.

Avec ces proportions, on sera sûr d'obtenir une bonne marche de la combustion, une température modérée du gaz, et de ne pas produire dans la salle par le lustre un appel de plus de 90 à 100 mètres d'air par mètre cube de gaz brûlé.

187. *Conclusion générale des recherches précédentes.* — Les applications que nous venons de faire du principe des forces vives ou du travail au mouvement de l'air dans les cheminées et appareils de ventilation, nous ont conduit à des formules qui, dans des circonstances bien différentes, se sont trouvées d'accord avec l'expérience. Ces vérifications sont relatives :

1° A la formule pratique que l'observation avait conduit l'ingénieur de la maison L. Duvoir-Leblanc à adopter pour les cheminées ordinaires de ventilation;

2° A l'introduction de l'air chaud par les poêles des pavillons de l'hôpital Lariboisière, chauffés par circulation d'eau;

3° A la ventilation générale de ces pavillons, soit, pendant l'hiver par des températures de —5° et —2°, soit, pendant l'été, à une température de nuit de 18°,3;

4° A des expériences directes sur l'écoulement produit par la combustion du gaz.

Il nous semble donc permis de conclure de cet accord général des formules que nous avons établies avec l'expérience, que l'on peut, sans crainte d'erreur notable, en appliquant bien les principes de la mécanique, calculer à l'avance l'effet des divers systèmes de ventilation par appel et en déduire des règles utiles à l'art de l'ingénieur.

188. *Application et expériences faites sur une cheminée d'appartement.* — Malgré des perfectionnements assez importants dans la construction des cheminées introduits depuis un certain nombre d'années, la disposition générale et habituelle de ces appareils de chauffage laisse beaucoup à désirer, et les architectes abandonnent trop à de simples

ouvriers fumistes les détails d'exécution qui ont sur leur marche une influence considérable.

La plupart du temps, lorsque l'on construit un bâtiment, l'on se contente de ménager dans les murs de refend les conduits de fumée, que l'on fait soit cylindriques en briques moulées en forme de voussoir, soit en tuyaux de poterie cylindriques ou plus souvent rectangulaires, mais ces tuyaux ne sont établis qu'à partir du plafond de l'étage où la cheminée doit être placée ; ils reposent à cette hauteur sur une petite hotte en briques d'une ouverture plus grande que la partie inférieure du conduit. Au-dessous de cette hotte, la cheminée a le plus souvent des formes assez irrégulières, selon les facilités plus ou moins grandes que l'on s'est réservées pour en raccorder les contours avec l'âtre, et presque toujours elle est, dans cette partie, beaucoup plus large qu'il ne convient.

Directement au-dessus du foyer, le passage pour l'introduction de l'air est resserré, de manière que la vitesse, que prend l'air échauffé, soit assez grande pour déterminer un tirage d'une énergie suffisante.

A sa partie supérieure le conduit de fumée est surmonté par un ajutage plus ou moins conique et rétréci, qui a aussi pour objet d'augmenter la vitesse finale d'évacuation, afin de mettre l'appareil à l'abri de l'influence des vents et que l'on nomme *mitron*.

Telle est la disposition la plus générale des cheminées, que l'on regarde comme bien faites.

Elle offre plusieurs inconvénients qu'il est facile de faire comprendre.

S'il est convenable de limiter l'orifice d'introduction de l'air qui a été chauffé par le combustible à ce qui est nécessaire pour produire un tirage suffisant, il n'y a aucune raison pour qu'au-delà du passage on fasse, par des élargissements inutiles laissés dans la cheminée, perdre à l'air sa vitesse et la force vive qui lui ont été communiquées par la chaleur.

Dans ces sections élargies, il se forme vers leur milieu un courant animé d'une vitesse plus grande que celles qui ont lieu sur les côtés, de là résultent des remous et des tourbillonnements, dans lesquels se consomme inutilement une partie du travail moteur.

Il conviendrait donc que ce passage eût une section aussi rapprochée que possible de celle que l'on adopte pour les conduits, mais comme ce dernier est cylindrique ou à section quarrée, tandis que l'orifice d'introduction de l'air est forcément un rectangle allongé ; il y a lieu de raccorder ces deux formes par des contours aussi réguliers que possible, et présentant des sections à peu près égales.

Au moyen de ces dispositions, faciles à exécuter, la vitesse de l'air variera peu, depuis son entrée jusqu'au sommet du tuyau d'évacuation.

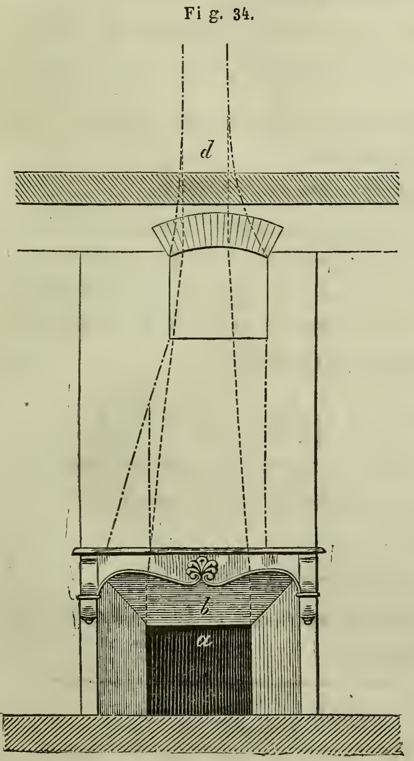
L'usage d'un mitron présentant une section d'écoulement moindre que celle du tuyau de la cheminée, a pour effet d'obliger l'air à s'échapper au dehors avec une vitesse supérieure à celle qui a lieu dans ce tuyau, et de donner à l'évacuation de la fumée une stabilité qui la met à l'abri de l'action des vents.

Cela est vrai, mais l'emploi de ce dispositif ne doit être accepté qu'autant qu'il est nécessaire, c'est-à-dire quand la vitesse que l'air prendrait dans le tuyau ne serait pas suffisante pour assurer la marche de la cheminée. C'est ce qui arrive dans les cheminées trop larges, et alors l'usage du mitron est avantageux, en ce qu'il peut empêcher la fumée d'être refoulée dans la cheminée. Mais lorsqu'au contraire le tuyau de fumée a des proportions convenables, telles que le tirage puisse y avoir l'activité nécessaire, l'emploi d'un mitron est plus nuisible qu'utile. S'il accroît la vitesse d'écoulement à l'extérieur, il diminue la vitesse dans le reste de la cheminée et le volume d'air total qu'elle évacue des appartements ; il nuit donc à la ventilation, sans profit pour la marche de la cheminée, puisque, par hypothèse, le tirage serait assez actif sans cet appareil auxiliaire.

Les formes et les proportions adoptées aujourd'hui pour la construction des conduits de fumée sont assez restreintes pour que l'usage du mitron soit presque toujours inutile, et par conséquent nuisible. C'est donc à tort que les architectes l'emploient généralement, au lieu de le réserver pour les cas exceptionnels où il serait nécessaire, par suite de vices de construction.

189. *Expériences faites sur une cheminée du Conservatoire des arts et métiers.* — L'examen des résultats des expériences faites au Conservatoire des arts et métiers sur une cheminée d'appartement, mettra en évidence la conformité de ces considérations théoriques avec l'observation.

Fig. 34.



La cheminée dont il s'agit présente les dispositions indiquées par la figure ci-contre.

L'air entre en *a* par un orifice réservé au-dessus et autour d'un appareil Fondet, et entre les barreaux creux de cet appareil. Nous désignerons cet orifice, dont la surface totale est d'environ $0^{m.q},08$, par A′, son coefficient de contraction par $m'=0,80$, et la vitesse correspondante par U′. Un peu plus haut en *b*, la cheminée a $0^{m},60$ de largeur sur $0^{m},23$ de profondeur ; la section

$$O=0^{m},60\times 0^{m},23=0^{m.q},138.$$

Nous appellerons u la vitesse de passage de l'air en cet endroit.

De la section b jusqu'à la base du tuyau en poterie, le conduit de fumée se rétrécit dans le sens de la largeur (sauf un léger rélargissement inutile et irrationnel); il a en cet endroit $0^m,60$ sur $0^m,30$, et passe brusquement à la section d du tuyau de poterie, qui a $0^m,30$ sur $0^m,30$, mais dont les arrondissements réduisent la section à $A = 0^{m\cdot q},0868$.

A l'entrée de ce tuyau, où le coefficient de contraction est $m = 0,70$, il se fait une perte de force vive.

Enfin le mitron à section circulaire présente un orifice d'évacuation $A_1 = \frac{0^m 22^2}{1,273} = 0^{m\cdot q},038$. Le coefficient de contraction de cet orifice en forme de cône allongé, doit être peu différent de $m_1 = 0,90$. L'on a donc

$$m_1 A_1 = 0,90 \times 0^{m\cdot q},038 = 0^{m\cdot q},0342.$$

D'après ces données, et en se reportant à ce qui a été dit aux nos **169** et suivants, il est facile de voir que le dénominateur de la fraction placée sous le radical, qui donne la vitesse théorique de l'air chaud dans le tuyau de la cheminée, aurait, dans le cas actuel, pour expression

$$\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \left(\frac{A}{m' A'} - \frac{A}{O}\right)^2 + \frac{2SL}{A}\beta$$

et que, d'après les notations et les valeurs numériques des quantités qui y figurent, les différents termes auraient les valeurs respectives suivantes :

$$6,441 + 0,183 + 0,527 + 4,703 = 11,854.$$

D'où il résulte que la formule générale de la vitesse de l'air dans les cheminées deviendrait

$$U = \sqrt{\frac{2gaH\,\frac{t - T}{1 + aT}}{\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \left(\frac{A}{m' A'} - \frac{A}{O}\right)^2 + \frac{2SL}{A}\beta}}$$

$$= \sqrt{\frac{2gaH\frac{t - T}{1 + aT}}{11,854}} = 0,290\sqrt{\frac{2gaH(t - T)}{1 + aT}}.$$

Ce qui montre que les mauvaises dispositions adoptées pour cette cheminée et les résistances passives inévitables réduisent la vitesse théorique à 0,29 de la valeur qu'elle aurait sans ces causes de perte.

Mais, parmi ces causes, il y en a d'inévitables et d'autres que l'on peut atténuer beaucoup, sans cependant qu'il soit possible de les faire disparaître complétement.

Ainsi la suppression du mitron, en rendant $A_1 = A$ et $m_1 = 1$, donnerait $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 = 1$ au lieu de 6,441. Une disposition convenable du conduit de la cheminée, en évitant tout élargissement après l'orifice d'entrée, rendrait

$$m'A' = 0 \text{ et } \left(\frac{A}{m'A'} - \frac{A}{0}\right)^2 = 0$$

Enfin la courbure des surfaces de raccordement de la partie inférieure de la cheminée, avec le tuyau de fumée, aurait pu annuler à très-peu près la contraction en cet endroit et rendre le coefficient $m = 0,90$,

d'où
$$\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 = 0,232.$$

Par toutes ces dispositions le dénominateur de la fraction aurait pu être réduit à

$$\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \frac{2SL}{A}\beta = 1 + 0,232 + 4,703 = 5,935$$

et, par suite, la formule théorique de la vitesse dans le tuyau serait devenue

$$\sqrt{\frac{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{5,935}} = 0,410\sqrt{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}.$$

Ce qui montre combien de bonnes dispositions peuvent avoir d'influence sur le tirage d'une cheminée.

190. *Comparaison des résultats de la formule à ceux des*

expériences. — Pour comparer les résultats de la formule à ceux de l'observation, nous avons fait cinq expériences sur le volume d'air qui y entrait. A cet effet, nous avons placé devant l'orifice d'entrée rectangulaire du foyer, qui est limité par un cadre en cuivre de $0^{m},60$ sur $0^{m},60$, un tuyau ayant à sa base une section carrée et qui se raccordait avec une partie cylindrique de $0^{m.q},1300$ dans les expériences du 8 février, et $0^{m.q},1378$ dans celles du 11 février.

Un anémomètre, placé dans l'axe de ce tuyau, indiquait la vitesse de l'air, qui arrivait dans la cheminée par l'action du tirage et qui était à la température de la pièce.

A l'aide de ces dispositions, on a déterminé les volumes d'air entrés dans la cheminée à cette température, et on a pu les comparer aux volumes qui passaient dans le tuyau à la température observée dans cette cheminée.

Le tableau suivant contient les données et les résultats de ces observations.

EXPÉRIENCES SUR UNE CHEMINÉE D'APPARTEMENT.

DATES et NUMÉROS des expériences.		TEMPÉRATURE extérieure.	TEMPÉRATURE intérieure de la pièce.	TEMPÉRATURE intérieure de la cheminée.	VITESSE d'introduction de l'air observée dans le foyer.		VITESSE CORRESPONDANTE de l'air dans le tuyau de la cheminée, d'après l'expérience.	VITESSE CORRESPONDANTE de l'air dans le tuyau de la cheminée, d'après la formule.	RAPPORT des résultats de l'expérience à ceux de la formule.	VOLUMES D'AIR introduit dans la cheminée en 1″.		VOLUMES D'AIR introduit dans la cheminée en 1 h.	OBSERVATIONS.
					m.	m.	m.	m.		m. c.	m. c.	m. c.	
8 février	1	0°	20°	68°	1,70	1,75	3,007	2,893	1,039	0,221	0,217	796	La bouche de chaleur fermée.
	2				1,65					0,214		772	
	3	0	20	68	1,97	1,97	3,402	2,893	1,176	0,256	0,256	822	La bouche de chaleur ouverte.
	4				1,97					0,256		822	
11 février	1	+ 5	22	68	1,290	1,287	2,331	2,759	0,845	0,178	0,177	640	La bouche de chaleur fermée.
	2	+ 5	22	68	1,284					0,177		637	
	3	+ 5	23	68	1,603	1,623	2,946	2,759	1,068	0,221	0,224	795	La bouche de chaleur ouverte.
	4	+ 5	23	68	1,653					0,228		820	
	5	+ 5	21	68	1,603	1,602	2,898	2,759	1,050	0,221	0,221	795	La bouche de chaleur fermée et 1 porte ouverte.
	6	+ 5	21	68	1,600					0,220		794	
					Moyenne....		2,917		1,036		0,209		

191. *Conséquences des résultats précédents.* — La comparaison des valeurs de la vitesse de l'air dans le conduit prismatique de la cheminée, déduites de l'expérience, avec celles que fournit la formule, montre que, malgré l'influence de circonstances accidentelles, dont il serait presque impossible de tenir compte, le rapport de ces valeurs est très-voisin de l'unité, et que par conséquent, dans le cas actuel comme dans les précédents, la formule théorique rend bien compte de la marche des effets réels.

Les observations ayant été faites alternativement en tenant les portes et la bouche de chaleur du calorifère fermées, ou en ouvrant cette bouche ou l'une des portes, on reconnaît que l'ouverture de ces orifices auxiliaires d'admission a augmenté un peu le volume d'air évacué; mais en même temps cette augmentation a été assez faible pour faire voir que les deux portes et les fenêtres, assez imparfaitement closes il est vrai, suffisaient pour fournir à la cheminée tout le volume d'air qu'elle pouvait évacuer par l'action des différences de température observées.

Ces volumes, ont été avec la bouche de chaleur fermée égaux à

$$796^{m.c}, \ 772^{m.c}, \ 640^{m.c}, \ 637^{m.c},$$

ou en moyenne de $711^{m.c}$, et avec la bouche de chaleur ou une porte ouverte égaux à

$$822^{m}, \ 822^{m.c}, \ 795^{m.c}, \ 820^{m.c}, \ 795^{m.c}, \ 794^{m.c},$$

ou en moyenne de $808^{m.c}$.

L'excès moyen produit par l'ouverture de la bouche de chaleur ou d'une porte n'est donc que $808^{m.c} - 711^{m.c} = 97^{m.c}$ par heure, ou $\frac{1}{7,3}$ du volume qui était évacué quand ces orifices étaient fermés.

Ce résultat montre combien l'action de l'appel d'une cheminée est puissante pour produire la ventilation des appartements.

De cette comparaison il résulte aussi que, s'il est vrai que

des orifices d'introduction d'air nouveau, bien disposés, favorisent l'action des appels produits par les conduits d'évacuation, et si même dans un grand nombre de cas l'ouverture accidentelle des portes ou des fenêtres peut augmenter de beaucoup cette action, l'effet de ces orifices auxiliaires n'est plus aussi sensible et peut même être nul lorsqu'il existe déjà des introductions d'air suffisantes pour fournir à la cheminée le volume d'air qu'elle peut évacuer en raison de la différence de température produite.

Dans le cas actuel, l'alimentation régulière de la cheminée se faisait par les joints des portes et des fenêtres assez mal closes, et dès lors l'effet de l'introduction d'air par la bouche du calorifère se bornait en partie à diminuer celle de l'air extérieur froid qui se faisait par ces orifices. L'ouverture d'une porte, malgré sa grande superficie, n'ajoutait de même rien à l'effet produit avec le concours de la bouche de chaleur.

Il convient aussi de faire remarquer que la pièce où ces expériences ont été faites a $6^m,25$ sur $6^m,10$, et $3^m,25$ de hauteur ou 1239 mètres cubes de capacité, et que par conséquent le volume d'air a pu y être renouvelé en $\frac{1239}{711} = 1^h,74$ quand la cheminée n'était alimentée que par l'air introduit par les portes et les fenêtres, et en $\frac{1239}{808} = 1^h,50$ quand la bouche de chaleur ou l'une des portes était ouverte.

Un pareil renouvellement d'air permettrait de fournir plus de 30 mètres cubes d'air par heure et par personne si la pièce en contenait 25 ou 1,3 par mètre quarré.

192. *Introduction d'air par la bouche de chaleur.* — En même temps que nous observions les volumes d'air appelés par la cheminée, nous avons déterminé ceux que fournissait la bouche de chaleur à une température donnée. Ainsi:

Le 8 février elle fournissait 284 mètres cubes par heure à 46°;

Le 11 février elle fournissait 297 mètres cubes à peu près à la même température.

L'appel énergique de la cheminée devait d'ailleurs contribuer à activer cette introduction; mais on voit que, même dans ce cas, le volume d'air fourni par cette bouche de $0^m,18$ sur $0^m,18$, ou $0^{mq},324$, ne s'est élevé qu'à 290 mètres cubes en moyenne ou à $\frac{290}{808} = 0,36$ environ du volume total; tandis que les fenêtres et les portes fermées en ont fourni les 0,64. Ce qui montre combien il est vrai de dire que, pourvu que par un appel suffisamment énergique on détermine l'évacuation de l'air d'un appartement, la nature assure par les ouvertures ordinaires la rentrée d'un volume égal d'air nouveau, sans le secours d'aucun moyen mécanique, et qu'à plus forte raison il en sera de même toutes les fois que, par des dispositions convenables, l'on aura assuré à l'air un accès facile et aussi direct que possible.

193. *Expériences sur l'appel de la cheminée sans chauffage.* — Avant les expériences dont je viens de parler, j'en avais aussi exécuté quelques-unes pour déterminer le volume d'air que la cheminée pouvait appeler sous la seule action de la différence de la température du local et de l'air extérieur. Dans ce cas, la pièce n'était chauffée que par la bouche de chaleur et il n'y avait pas de feu dans la cheminée. La température extérieure étant de $T = 10^0$, celle de la pièce a été de $t = 22^0,50$, qui était aussi celle de l'air dans la cheminée.

On avait donc :

$$t - T = 12^0,5;$$

$$2gaH = 19,62 \times 0,003665 \times 20^m,30 = 1,459;$$

et par suite

$$U = \sqrt{\frac{\frac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{11,854}} = 1^m,218.$$

L'observation a donné pour le volume d'air à $22^0,5$ intro-

duit dans la cheminée en $1''$ $0^{m.c},099$; ce qui, dans le tuyau dont la section est $A = 0^{m.q},0868$, correspond à une vitesse de

$$\frac{0^{m.c},099}{0,0868} = 1^{m.c},140.$$

Le rapport de la vitesse déduite de l'observation à la vitesse calculée est donc

$$\frac{1,140}{1,258} = 0,936.$$

Une autre expérience, faite le 19 novembre 1861, dans des circonstances analogues, mais où l'on avait $T = 1^{0},8$, $t = 19^{0}$, les autres données restant les mêmes, a fourni pour la vitesse d'après la formule

$$U = 1^{m},45\,;$$

tandis que le volume d'air écoulé par la cheminée ayant été, par expérience, trouvé égal à $0^{m.c},1239$ en $1''$, la vitesse dans le tuyau supérieur était

$$\frac{0^{m.c},1239}{0^{m.q},0868} = 1^{m},50.$$

Le rapport de la vitesse fournie par l'expérience à celle qu'indiquait la formule a donc été

$$\frac{1^{m},50}{1,45} = 1,035.$$

La valeur moyenne de ce rapport pour les deux observations sur la ventilation produite par la cheminée sans chauffage est

$$\frac{0,936 + 1,035}{2} = 0,985,$$

valeur très-voisine de l'unité comme dans le cas où la cheminée était fortement chauffée; ce qui montre que, dans ce cas extrême, où il n'y avait pas de chauffage, la formule représente encore avec une approximation suffisante les résultats de l'observation.

194. *Observations sur l'influence du mitron dans cette cheminée.* — En appliquant aux expériences actuelles les conséquences du raisonnement que nous avons fait au nº **173**, et admettant que la perte de force vive, après l'entrée de l'air dans la cheminée, soit annulée, et celle qui a lieu après la sortie réduite au minimum, nous avons vu que la vitesse de l'air dans le tuyau serait augmentée, ainsi que le volume d'air écoulé, dans le rapport de 0,41 à 0,29 ou de 1,00 à 1,414. Or le volume d'air à la température de l'appartement appelé par la cheminée, et par conséquent extrait de la pièce pour son rafraîchissement, ayant été moyennement égal à $0^{m},219$ en 1″, il s'ensuit que, par la suppression des causes de perte indiquées ci-dessus, il aurait été égal à

$$0^{m.c},219 \times 1,414 = 0^{m.c},310,$$

ou $1116^{m.c}$ en 1 heure, tandis qu'avec les dispositions actuelles il n'a été en moyenne que $788^{m.c}$.

On voit par cet exemple de quelle importance sont les bonnes dispositions d'une cheminée pour la ventilation qu'elle peut déterminer dans un appartement.

Il ne faut d'ailleurs pas confondre avec les mitrons ou orifices rétrécis dont on surmonte les cheminées pour augmenter la vitesse d'évacuation, les chapiteaux fixes ou tournants qui ont simplement pour objet de les mettre à l'abri de l'action du vent et des dégradations qu'y causerait la pluie. Ces derniers appareils peuvent toujours présenter un orifice convenable d'évacuation.

CHAPITRE V.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LES CHEMINÉES D'APPARTEMENT, ET PAR DIVERS AUTRES APPAREILS.

195. Dans ce chapitre et dans les suivants, je me propose de faire connaître et de discuter les résultats des expériences exécutées par mes soins sur des cheminées ordinaires et sur divers autres appareils au point de vue particulier de la ventilation. Mais je dois prévenir le lecteur qu'il ne faut pas s'attendre à trouver dans ces résultats la concordance que l'on peut espérer dans d'autres études de physique mécanique. L'excessive mobilité de l'air, l'influence qu'exercent sur sa densité, sur ses mouvements, les moindres variations de température, ainsi que celles des vents, les circonstances même les plus imprévues, sont autant de causes de perturbation dans les effets à observer, et dès lors tout ce que l'on peut se flatter d'obtenir dans des expériences d'ensemble qui, la plupart du temps, ne peuvent pas être très-prolongées, ce sont des résultats moyens d'où il soit possible de conclure pour la science la confirmation des lois générales déduites des principes de la théorie, et pour l'art quelques conséquences, quelques règles pratiques qui, appliquées avec prudence, avec une certaine latitude et non d'une manière trop absolue, conduisent à la solution des problèmes que l'ingénieur doit résoudre.

Si, dans ces conditions diverses et variables, les phénomènes, tout en restant soumis aux lois de la physique et de la mécanique, sont influencés par trop de causes pour qu'il soit possible de s'attendre à des solutions précises, il n'en est pas moins utile et nécessaire d'étudier les questions d'application et l'ensemble des effets complexes qui peuvent se produire.

C'est dans cette vue à la fois scientifique et pratique que j'ai entrepris les expériences suivantes.

196. *Expériences sur les cheminées d'appartement.* — Les expériences dont je me propose de faire connaître et de discuter les résultats dans ce chapitre, ont eu pour objet de déterminer les volumes d'air que pouvait évacuer une cheminée ordinaire d'appartement dans diverses circonstances, soit par la seule action de la ventilation naturelle, soit avec le concours d'un chauffage plus ou moins actif, et de comparer de nouveau les résultats de l'observation à ceux que fournissent les formules déduites de la théorie.

J'ai choisi à cet effet la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire des arts et métiers. Cette pièce peut à volonté être chauffée par une bouche de chaleur dépendant d'un calorifère à air chaud, et par le feu allumé dans la cheminée. J'ai profité de cette circonstance pour faire varier le mode d'introduction de l'air, en tenant, selon les cas, la bouche de chaleur ouverte ou fermée.

Ce volume constituait ce que l'on peut appeler la ventilation naturelle de la cheminée au moment des observations, et il était indispensable de le connaître, au moins approximativement dans chaque cas, pour le déduire de celui qui devait être évacué par l'action des divers combustibles employés.

Il convient cependant de faire remarquer que cette ventilation naturelle est très-variable, et que, comme elle dépend tout à fait des différences des températures intérieure et extérieure, elle peut, dans bien des cas, non-seulement devenir nulle, mais même se produire en sens contraire. Il importe donc beaucoup, pour de semblables expériences, de constater d'abord sa marche et son intensité.

Ainsi, par exemple, le 5 juillet 1862, la température extérieure étant de 28°,5 à l'ombre, et celle du cabinet étant seulement de 20° à 21°, et celle de l'intérieur de la cheminée devant être assez peu supérieure à ce dernier chiffre, il se

produisait dans cette cheminée des courants intermittents tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. Il arrivait même par moments que la bouche du calorifère, au lieu de fournir continuellement de l'air frais, aspirait au contraire celui du cabinet.

Le 7 juillet, par des températures de 20^0 à l'extérieur et de $19^0,25$ dans le cabinet, l'aspiration de la cheminée était presque continue.

Dans ces premières expériences, l'observation de la vitesse de l'air a été faite dans la cheminée même, en y introduisant l'anémomètre, mais il a été bientôt reconnu nécessaire de placer l'instrument successivement en trois endroits différents, parce que, à la hauteur où l'on opérait, la cheminée ayant alors $0^m,934$ de largeur sur $0^m,23$ de profondeur, tandis que plus haut son conduit n'a plus que $0^m,30$ sur $0^m,30$, il s'y produisait un courant central plus rapide que ceux des côtés. Pour tenir compte de cette circonstance, l'on a supposé la section d'observation partagée en trois parties d'une largeur égale au tiers de la largeur totale, et l'on a observé la vitesse séparément dans chacune d'elles.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant :

VOLUME D'AIR ÉVACUÉ PAR UNE CHEMINÉE SANS FEU DU CABINET DE LA DIRECTION DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS.

DATES.	TEMPÉRATURES			VITESSE de l'air.		VOLUME D'AIR écoulé en 1''.		TOTAL.	VOLUME total en 1 heure.	OBSERVATIONS.
	EXTÉRIEURE.	INTÉRIEURE du cabinet.	INTÉRIEURE de la cheminée.		m.		m.c.	m.c.	m.c.	
1861										
31 oct....	10°,8	22°	22°	au milieu.	0,558	zone du milieu.	0,0399	0,0990	357	
				moyenne sur les côtés.	0,413	côtés.	0,0591			
19 nov...	1 ,8	15	18	au milieu.	0,711	zone du milieu.	0,0509	0,1239	446	
				moyenne sur les côtés.	0,510	côtés.	0,0730			
23 nov.*.	10 ,0	19	18	avec un tuyau extr.	0,760	»	»	0,112	403	*Cette expérience a été faite au moyen d'un tuyau placé devant la cheminée, et que l'air affluent traversait. Il avait une section égale à 0m,148.
				Volume moyen évacué par heure...........					403	

197. *Conséquences de ces expériences.* — Il résulte donc de ces premières expériences que, par des températures extérieures de 1°,8 à 10°, et des températures intérieures de 18° à 22°, il passe en moyenne par la cheminée de cette pièce environ 400^m.c d'air par heure.

Ce cabinet, destiné à une seule personne, et dans lequel il s'en réunit accidentellement dix à douze au plus, pour quelques moments, est donc alors très-suffisamment ventilé par la seule action aspiratrice de la cheminée, même quand il n'y a pas de feu.

Volumes d'air introduit par la bouche de chaleur. — La bouche de chaleur qui amène l'air du calorifère a 0^m,18 sur 0^m,18 de côté ou 0^m.q,0324 d'ouverture, mais elle est recouverte par un treillage en cuivre qui diminue un peu l'aire du passage. On a placé au-dessus un tuyau à base quadrangulaire terminé par une partie cylindrique assez longue, dans laquelle on plaçait l'anémomètre, et qui avait une section égale à 0^m.q,0299. — On a observé les températures extérieures et intérieures, et les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

VOLUMES D'AIR INTRODUIT DANS LE CABINET DE LA DIRECTION DU CONSERVATOIRE PAR UNE BOUCHE DE CHALEUR DE CALORIFÈRE.

DATES.	TEMPÉRATURES			VITESSES de l'air affluent.	VOLUME D'AIR introduit		VOLUME d'air introduit, ramené à 20°.
	extérieure	dans le cabinet.	de l'air affluent.		en 1".	en 1 h.	
1861				m.	m.c.	m.c.	m.c.
30 oct. .	8°, 0	20°	100°	1,687	0,0504	181,44	142
31 oct. .	10, 0	22	87	1,822	0,0544	195,84	160
19 nov. .	1, 8	19	70	1,840	0,0550	198,00	169
						Moy . .	157
23 nov. .	10, 0	19	45	1,250	0,037	133,2	123

Il convient de remarquer que le volume d'air fourni par

l'une des bouches d'un calorifère peut être considérablement influencé par l'ouverture plus ou moins simultanée des autres bouches.

Abstraction faite de l'influence de cette cause, l'on voit qu'entre les limites de température, où l'on a opéré, la bouche de chaleur fournissait par heure, en moyenne, 157 mètres cubes d'air ramené à 20° de température, quand cet air entrait à des températures variables de 70° à 100°, et que ce volume était réduit à 123 mètres par heure, quand l'air n'était échauffé qu'à 45°.

Ce résultat, qui montre combien le volume d'air fourni par les calorifères croît avec le degré d'échauffement qui lui est communiqué, explique comment les constructeurs sont conduits à élever la température de l'air fourni par ces appareils.

On verra, d'ailleurs, plus loin, que ce volume d'air fourni par la bouche de chaleur croît aussi avec l'énergie de l'appel fait par la cheminée.

198. *Volumes d'air introduit par les joints des portes et des fenêtres.* — Les observations que nous venons de rapporter ont été faites en même temps que celles qui ont été exécutées sur la cheminée non chauffée, et dont il a été question plus haut. Par conséquent, si du volume d'air évacué par la cheminée on retranche celui qui a été introduit par la bouche de chaleur ramenée à la température de la pièce, le reste donnera le volume d'air à la même température qui s'était introduit par les joints des portes et des fenêtres.

Or, le volume moyen évacué par la cheminée a été trouvé égal en 1 heure à..........................	403$^{m.c}$
Le volume moyen introduit par la bouche de chaleur a été de..............................	157
Le volume d'air moyen entré par les joints est donc	246$^{m.c}$

en 1 heure, ou 0$^{m.c}$,0683 en 1″.

Le développement total des joints est :

Pour les deux fenêtres	$20^{m},30$
Pour les deux portes	$21\ ,16$
Total	$41^{m},46$

D'où il résulte que, par mètre courant de joint des portes et des fenêtres de cette pièce, il s'introduit moyennement

$$\frac{0^{m \cdot c},0683}{41,46}=0^{m \cdot c},00164 \text{ en } 1'', \text{ ou } \frac{246^{m \cdot c}}{41,46}=5^{m \cdot c},92 \text{ en 1 heure.}$$

La largeur des joints est extrêmement variable, mais ceux qui existent sous les portes sont presque toujours complétement libres et ont souvent une hauteur de $0^{m},010$, et ceux de dessus environ $0^{m},005$; aussi est-ce par les portes, surtout par leur partie inférieure, qu'il s'introduit généralement le plus d'air dans les appartements, lorsque les fenêtres ferment bien.

199. *Expériences sur les effets de ventilation produits par les cheminées au moyen de la consommation directe de divers combustibles.* — Pour parvenir à déterminer ces effets dans des conditions convenables, j'ai commencé par faire améliorer la construction de la cheminée, afin d'y diminuer le plus possible les tourbillonnements de l'air, les pertes de force vive qui en résultaient, et dont j'ai montré, à la fin du chapitre précédent, l'influence considérable sur le mouvement de l'air.

La hotte de la cheminée a été réduite de manière à ne présenter à sa base qu'un passage de $0^{m},40$ de largeur, sur $0^{m},22$ de profondeur, régulièrement raccordé avec son conduit rectangulaire supérieur, comme l'indiquent les lignes ponctuées de la fig. du n° **189**. Par suite de ces modifications, la contraction de l'air à l'entrée a été sensiblement annulée, les tourbillonnements supprimés, et le mouvement de l'air s'est graduellement accéléré depuis le bas jusqu'au conduit.

Le chauffage a eu lieu successivement avec du bois, avec de la houille et avec du gaz, en tenant compte des quantités consommées.

Je reproduirai séparément les résultats des expériences faites avec du bois et avec de la houille.

EFFETS DE VENTILATION PRODUITS DANS UNE CHEMINÉE PAR LA COMBUSTION DU BOIS.

DATES.	TEMPÉRATURES			VOLUME D'AIR appelé par la cheminée en 1 heure.		ACCROISSEMENT de température éprouvé par cet air.	NOMBRE d'unités de chaleur qu'a reçues l'air total évacué.	POIDS de bois brûlé en 1 heure.	NOMBRE d'unités de chaleur utilisées par kilogramme de bois.	VOLUME d'air appelé par kilogramme de bois brûlé.	RAPPORT de la densité de l'air du cabinet à celle de l'air de la cheminée	VITESSES de l'air dans le conduit de la cheminée U.	$\sqrt{t - T}$.
	EXTÉRIEURE T.	INTÉRIEURE du cabinet.	INTÉRIEURE de la cheminée. t.	TOTAL.	dû à l'action du combustible.								
				m.c.	m.c.		cal.	kil.	cal.	m.c.		m.	
19 mars	15°	19°	90°	1268	868	71°	25838	7,88	3279	110	1,243	5,04	8,66
12 avril	8	18	107	1365	985	89	35035	8,36	4190	163	1,306	5,07	9,95

200. *Expériences sur une autre cheminée d'appartement.* — Des expériences analogues à celles qui ont été faites sur la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire des arts et métiers, ont été exécutées sur celles du cabinet de M. le sous-directeur, et ont donné des résultats semblables.

On a produit le chauffage avec du bois, dont on a observé le poids en même temps que les volumes d'air appelés par la cheminée ; mais, de plus, comme cette cheminée était pourvue d'un appareil à grille creuse du système de M. Fondet, qui fonctionnait convenablement, on a profité de cette circonstance pour constater quel était le volume d'air extérieur fourni par cet appareil et la température de cet air.

Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau suivant :

EFFETS DE VENTILATION PRODUITS DANS UNE CHEMINÉE PAR LA COMBUSTION DU BOIS.

Cheminée de la sous-direction du Conservatoire.

DATE.	TEMPÉRATURES			VOLUME d'air appelé par la cheminée.	VOLUME d'air fourni par la bouche de chaleur.	ACCROISSEMENT de température éprouvé par cet air.	NOMBRE d'unités de chaleur qu'a reçues l'air total.	POIDS de bois brûlé en 1 heure.	NOMBRE d'unités de chaleur emportées par kilogramme de bois brûlé	VOLUME d'air appelé par kilogr. de bois brûlé.
	EXTÉRIEURE.	INTÉRIEURE du cabinet.	INTÉRIEURE de la cheminée.							
	CHEMINÉE.									
4 juin 1862.	22°		127°	m.c. 835	m.c. »	103°	cal. 24387	8,88	cal. 2795	m.c. 94,00
	APPAREIL FONDET.									
	22	24	132	»	19	110	435	»		»
							24822			

201. *Conséquences de ces expériences.* — On voit par ces expériences que cette cheminée, dont la disposition extérieure et les proportions analogues à celles de la cheminée du cabinet de la direction et qui est muni d'un appareil de M. Fondet, a déterminé l'évacuation d'un volume d'air de 835 mètres cubes par heure, en brûlant $8^{kil},88$ de bois à l'heure. Ce volume diffère peu de celui qui a été trouvé avec l'autre cheminée, dans des expériences faites les 6 et 11 février, où celle-ci avait aussi un appareil analogue.

Mais il est notablement moindre que le volume observé sur cette dernière cheminée, où l'on avait enlevé l'appareil qui formait obstacle au passage de l'air, puisque, dans les dernières expériences du 19 mars et du 11 avril, ce volume s'est élevé à 1268 mètres cubes, et à 1365 mètres cubes avec une consommation de bois un peu moindre.

On voit aussi que le volume d'air nouveau et chaud introduit dans la pièce par la bouche de chaleur, n'est que de 19 mètres cubes par heure, ou $\frac{1}{44}$ du volume d'air évacué par la cheminée, et qu'il est loin de suffire à l'appel qu'elle exerce et à en assurer le tirage.

En calculant, d'après les températures observées, la quantité de chaleur emportée par l'air appelé par la cheminée et en pure perte pour le chauffage, on trouve qu'elle est égale à

$$835^{m.c} \times 1^{kil},197 \times 103^0 \times 0,237 = 24387 \text{ calories,}$$

ce qui, pour une consommation de $8^{kil},88$ de bois par heure, revient à 2747 calories par kilogramme de bois brûlé. Si à cette quantité on joint celle qui a été utilisée pour le chauffage de l'appartement par l'introduction de 19 mètres cubes d'air à 132°, ou dont la température primitive de 22° a été augmentée de 110° et qui est égale à

$$19^{m.c} \times 0^{kil},878 \times 110 \times 0,237 = 435 \text{ calories,}$$

on voit que la quantité totale de chaleur développée, en sus de celle qui a été fournie par le rayonnement, a été égale à

$$24387 + 435 = 24822 \text{ calories,}$$

ce qui correspond, pour une consommation de $8^{kil},88$ de bois par heure, à 2795 calories par kilogramme de bois brûlé.

Sur cette quantité de chaleur, 435 calories sur 24822, environ $\frac{1}{57}$, sont entrées dans l'appartement avec l'air fourni par la bouche de chaleur, tandis que, dans les expériences du 19 mars et du 12 avril précédents, sur une cheminée dépourvue de cet appareil, toute la chaleur développée était enlevée par l'air appelé.

Donc si, au point de vue de la ventilation seule, la présence de l'appareil Fondet diminue le volume d'air appelé et extrait par la cheminée à celui du chauffage, il n'a que le faible avantage d'utiliser, en sus des effets du rayonnement, environ $\frac{1}{57}$ de la chaleur développée par le combustible.

202. *Observation sur la chaleur développée par le bois.* — Si l'on rapproche les résultats des expériences des 19 mars, 12 avril et 4 juin 1862, et qui ont fourni pour le nombre d'unités de chaleur communiquées à l'air par kilogramme de bois brûlé les nombres suivants :

Dans la cheminée sans appareil à grille :

Le 19 mars..............	3279 calories.
Le 12 avril..............	4191 —
Moyenne...........	3735 calories.

Dans la cheminée avec appareil à grille :

Le 4 juin.................	2796 calories.

On voit par ces nombres que si la cheminée ouverte a utilisé pour la ventilation toute la chaleur qu'a développée le bois, et qui, pour le bois bien sec, est d'environ 3600 calories, la cheminée avec appareil en fonte, offrant une assez grande surface de dispersion de la chaleur, a donné un résultat moins favorable. Il y a lieu cependant de croire que dans un chauffage continué pendant plus longtemps, les masses voisines de maçonnerie peu conductrices étant parvenues à une

température normale, l'utilisation de la chaleur se rapprocherait de la valeur obtenue avec la première cheminée.

203. *Chauffage de la cheminée à la houille.* — Passons maintenant à l'examen des résultats des expériences analogues faites en brûlant de la houille. Ils sont consignés dans le tableau suivant :

EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LA COMBUSTION DE LA HOUILLE DANS UNE CHEMINÉE.

DATES.	TEMPÉRATURE extérieure.	TEMPÉRATURE intérieure du cabinet.	TEMPÉRATURE intérieure de la cheminée.	VOLUME D'AIR appelé par la cheminée en 1 heure, total.	VOLUME D'AIR appelé par la cheminée en 1 heure, dû à l'action du combustible	ACCROISSEMENT de température éprouvé par l'air.	NOMBRE d'unités de chaleur qu'a reçues l'air total évacué.	POIDS de houille brûlée en 1 heure.	NOMBRE d'unités de chaleur utilisées par kilog. de houille.	VOLUME d'air évacué par kilog. de kouille brûlée.	HAUTEUR du passage de l'air au-dessus de la grille.	RAPPORT de la densité de l'air du cabinet à celle de l'air de la cheminée.	VITESSES de l'air dans le conduit de la cheminée U.	VALEURS de $\sqrt{t-T}$.
				m.c.	m.c.		cal.	k.	cal.	m.c.	m.		m.	
22 mars	0	22°	102°	1178	778	80°	26828	4,66	5757 [1]	160	0,32	1,270	4,78	9,32
27 —	»	21	88	1176	776	67	22502	3,55	6339 [2]	216	0,27	1,224	4,61	8,54
27 —	»	22	80	1316	916	58	21732	2,85	7426 [3]	321	0,27	1,196	5,03	8,06
28 —	»	20	129	1213	813	109	26914	4,22	6362 [4]	193	0,15	1,330	5,16	10,68
10 avril	15	20	143	1230	830	183	30476	4,18	7051 [5]	198	0,15	1,404	5,53	11,31
3 sept.	18,5	20	42	748	548	23,5	»	2,00	»	274	»	1,075	2,58	4,86
								Moyenne	6794					

1. Grille en fonte à $0^m,09$ au-dessus du sol.
2. Grille en fer à $0^m,14$ au-dessus du sol.
3. Grille en fer à $0^m,14$ au-dessus du sol.
4. Grille en fer à $0^m,26$ au-dessus du sol.
5. Grille en fer à $0^m,26$ au-dessus du sol.

204. *Conséquences des expériences précédentes.* — Les résultats consignés dans le tableau précédent montrent que la position de la grille par rapport au conduit d'arrivée de l'air a une grande influence sur les volumes d'air appelés, et sur l'utilisation de la chaleur développée par le combustible.

Dans l'expérience du 22 mars, la grille en fonte s'étant ramollie et courbée à fleur de sol, le passage de l'air au-dessous de cette grille a été en partie empêché, ce qui explique pourquoi le résultat a été peu favorable.

Dans les expériences postérieures, où la grille était en fer, l'air arrivait très-facilement sous le combustible et pouvait aussi passer au-dessus ; mais plus librement dans celle du 27 mars, où le passage au-dessus de la grille avait $0^m,27$ de hauteur et environ $0^m,17$ au-dessus de la couche de combustible de $0^m,10$ au moins d'épaisseur, tandis que dans les expériences du 28 mars et du 2 avril, ce passage n'était que de $0^m,15$ au-dessus de la grille et au plus de $0^m,05$ au-dessus du combustible.

Les volumes totaux d'air appelés ont bien été à peu près les mêmes dans ces quatre expériences, mais la combustion ayant été plus vive dans les deux dernières et la température plus élevée, le volume d'air appelé par kilogramme de charbon brûlé a été moindre que dans les expériences du 27 mars, où l'accroissement de température de l'air n'a été que de 67^0 et de 58^0.

Cela confirme la conséquence que nous avons déjà déduite des expériences faites avec des tuyaux, à savoir qu'au point de vue de la ventilation par appel, il y a avantage à ne produire que de faibles élévations de température ; c'est, d'ailleurs, ce qui sera encore vérifié par d'autres résultats.

205. *Résumé des expériences précédentes.* — En résumé, on voit que dans une cheminée, proportionnée à peu près comme celle sur laquelle nous avons opéré, ce qui se rencontre dans la plupart des habitations ordinaires modernes, on peut aug-

menter la ventilation naturelle d'environ 300 mètres cubes d'air par kilogramme de charbon brûlé et produire facilement un appel de plus de 1200 mètres cubes d'air par heure.

D'après les dispositions données à la grille dans les quatre dernières expériences du tableau précédent, la presque totalité de la chaleur développée par le combustible devait être utilisée pour l'échauffement de l'air appelé ; aussi, en prenant la moyenne des quantités de chaleur utilisées par kilogramme de combustible brûlé, trouvons-nous pour sa valeur 6796 calories. On peut donc admettre que, dans une cheminée exclusivement consacrée à la ventilation et bien disposée pour l'admission de l'air, on utiliserait pour l'appel environ 6000 à 6500 unités de chaleur par kilogramme de houille brûlée, ou au moins les $\frac{7}{8}$ de la chaleur développée par le combustible.

206. *Observation sur les quantités de houille brûlées par mètre quarré de grille, dans les expériences du* 22 *mars* 1862. (*Cabinet de la direction.*) — Dans l'expérience du 22, la grille du foyer était en fonte ; elle avait $0^m,41$ de longueur, $0^m,15$ de largeur, 14 barreaux de $0^m,015$ de largeur, laissant $0^m,20$ en largeur, ou une aire de passage de $0,45 \times 0,20 = 0^{m.c},030$. Le dessus de la grille était à l'origine à $0^m,09$ du sol, et la hauteur de l'embouchure du tuyau étant de $0^m,41$, le dessus de la grille se trouvait à $\frac{0,09}{0,41} = 0,22$ de cette hauteur.

Mais la fonte s'étant ramollie, la grille s'est courbée pendant les expériences, et elle a fini par toucher le sol du foyer après quelques temps.

On a brûlé sur cette grille $4^{kil},66$ par heure avec une superficie totale de $0^m,41 \times 0^m,15 = 0^{m\,c},0615$, et une aire libre de passage de $0^m,15 \times 0^m,20 = 0^{m.q},0300$, soit $75^{kil},7$ à l'heure par mètre quarré de grille totale et $155^{kil},3$ par mètre carré de grille libre.

Dans les deux expériences du 27 mars, la grille en fer avait $0^m,40$ de longueur, $0^m,165$ de largeur, 18 barreaux de $0^m,01$

de largeur, et, par conséquent, $0^m,22$ de vide en largeur, ou $0^m,22 \times 0^m,165 = 0^{m.q},0363$ d'aire de passage. Sa face supérieure était $0^m,14$ au-dessus du sol. La hauteur de l'embouchure du tuyau étant de $0^m,41$, le dessus de la grille se trouvait à $\frac{0,14}{0,41} = 0,36$ de cette hauteur.

Le passage de l'air sous la grille avait $0^m,13$ de hauteur, et le passage au-dessus $0^m,27$, dont il faudrait déduire l'épaisseur du charbon.

On a brûlé sur cette grille $3^{kil},25$ par heure avec une superficie totale de $0^m,40 \times 0^m,165 = 0^{m.q},0660$, et une aire libre de $0^m,22 \times 0^m,165 = 0^{m.q},0363$;

soit $40^{kil},24$ par mètre quarré de grille totale,

ou $89^{kil},53$ — — de grille libre.

Dans les expériences du 28 mars et du 10 avril, la grille avait les mêmes dimensions que le 27 mars; mais sa surface supérieure était élevée à $0^m,26$ au-dessus du sol, et l'embouchure du tuyau ayant $0^m,41$ de hauteur, le dessus de la grille se trouvait à $0^m,15$ au-dessous de son sommet. L'épaisseur de la couche de combustible étant au moins de $0^m,10$, il restait à peine $0^m,05$ de hauteur pour le passage de l'air au-dessus du combustible, ce qui contribuait à en élever la température, mais diminuait aussi un peu son volume.

Dans ces deux expériences, on a brûlé en moyenne $4^{kil},20$ de houille par heure, avec les mêmes surfaces totale et libre que le 27 mars, ce qui correspond à une consommation de $63^{kil},63$ par mètre quarré de grille totale, et de $115^{kil},3$ par mètre quarré de grille libre.

L'expérience montre aussi que la quantité de chaleur emportée par l'air évacué s'élève à 6000 ou 6500 unités par kilogramme de charbon brûlé, c'est-à-dire aux $\frac{7}{8}$ au moins de la chaleur totale développée par le combustible.

207. *Emploi du gaz d'éclairage pour activer la ventilation dans les appartements.* — Si l'usage d'un foyer alimenté par

le bois ou par la houille produit, dans une cheminée ordinaire, un appel énergique, il serait, la plupart du temps, très-difficile d'y recourir pour assurer la ventilation d'un local dont on voudrait en même temps empêcher la température de s'élever.

Mais il était évident qu'on pourrait remplacer ces combustibles par le gaz qu'il est facile, à l'aide de tuyaux d'un petit volume, de faire brûler dans l'intérieur de la cheminée, sans que la flamme soit apparente, et répande ni chaleur ni odeur à l'intérieur.

Ainsi, dans le cas de la cheminée sur laquelle nous avons expérimenté pour produire un appel supplémentaire de 1000 mètres cubes par heure qui, joint à l'appel naturel, fournirait une évacuation d'environ 13 à 1400 mètres cubes d'air par heure, il faudrait donner à ces 1400 mètres cubes d'air, pris à 20° dans l'appartement, une température de 90° environ, ou de 70° de plus que celle de l'intérieur. Par conséquent, il serait nécessaire de leur communiquer une quantité de chaleur exprimée par

$$1400^{m.c} \times 1^{kil},209 \times 70^{0} \times 0,237 = 28080 \text{ calories}$$

par heure. Un mètre cube de gaz ne développant environ que 6000 par sa combustion, si l'on suppose que l'on en utilise lement 5000, il faudrait brûler dans cette cheminée

$$\frac{28080}{5000} = 5^{m.c},616.$$

En introduisant dans la cheminée un tuyau en fer garni de becs brûlant $0^{m.c}$,150 à l'heure, il suffirait donc que ce tuyau portât 40 becs semblables disposés soit sur une ou sur plusieurs couronnes, pouvant entrer dans la cheminée, soit, plus simplement, sur deux ou trois branches verticales pénétrant à une hauteur convenable.

208. *Expériences sur les effets de ventilation produits dans une cheminée d'appartement par la combustion du gaz.* — C'est

pour réaliser par des expériences directes la ventilation d'un appartement, au moyen de la combustion du gaz, que j'ai fait disposer dans la cheminée où ont été faites les expériences précédentes un conduit de forme rectangulaire de $0^{m},265$ de longueur sur $0^{m},100$ de largeur, communiquant avec un tuyau de conduite du gaz d'éclairage. 106 trous ont été percés dans ce tuyau, et, après une première expérience, le diamètre en a été agrandi pour accroître la consommation de gaz.

Un compteur établi sur le conduit d'arrivée indiquait le volume de gaz consommé, lequel était d'ailleurs assez régulier. Des thermomètres placés à l'extérieur et à l'intérieur du cabinet donnaient les températures. Quant à celle de l'air qui passait dans la cheminée, elle était à l'arrivée celle du cabinet lui-même, et au-dessus du tuyau à gaz, elle était indiquée par un thermomètre particulier; mais on n'a pas tardé à constater que, malgré la distance de plus de $2^{m},00$ qui séparait ce thermomètre des becs de gaz, l'action directe du rayonnement élevait ses indications au-dessus de la température moyenne de l'air dans la cheminée à la même hauteur, et qu'il était nécessaire de tenir compte de la différence.

Deux séries d'expériences ont été exécutées pour étudier les effets de ventilation produits par le gaz dans la cheminée. Les résultats de la première sont consignés dans le tableau suivant :

EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LA COMBUSTION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE DANS UNE CHEMINÉE.

1re série d'expériences.

DATES.	TEMPÉRATURE			VOLUME D'AIR appelé par la cheminée en 1 heure		ACCROISSEMENT de température éprouvé par l'air.	NOMBRE d'uns de chaleur reçues par l'air total évacué.	VOLUME de gaz brûlé en 1 heure.	NOMBRE d'unités de chaleur développée par mètre cube de gaz.	VOLUME d'air évacué par mètre cube de gaz brûlé.	RAPPORT de la densité de l'air du cabinet à celle de l'air de la cheminée	VITESSE de l'air dans le conduit de la cheminée U.	VALEURS de $\sqrt{t-T}$.
	EXTÉRIEURE.	INTÉRIEURE du cabinet.	INTÉRIEURE de la cheminée	TOTAL.	dû A L'ACTION du combustible.								
1862				m.c.			cal.	m.c.	cal.	m.c.		m.	
18 avril.	15°	18°	68°	1026	»	50°	14796	2,381	6214	430,9	1,171	3,84	7,28
21 —	20	19	85	1180	»	66	22386	3,93	5722	300,3	1,226	4,63	8,06
24 —	22,5	20	85	1125	»	35	20946	4,00	5238	281,2	1,222	4,39	7,81
14 juin.	19	20	85	1190	»	»	»	»	»	»	1,222	4,64	8,12
								Moyenne	5758				

Cet air nouveau était conduit près du plafond par un tuyau de 0m,30 de diamètre, et l'on a ainsi réalisé l'introduction de l'air près du plafond et l'extraction près du plancher.

L'air extérieur étant à la température de 18 à 19°, celui qui affluait des caves était à 16°,5 ou 17°. La température du cabinet a été maintenue à 19 ou 20°, tandis qu'une pièce voisine à la même exposition était à la température de 21 à 22°.

Ainsi l'introduction de l'air frais venant des caves a fait maintenir la température du cabinet à 2° environ au-dessous de celle de la pièce voisine.

Le volume d'air évacué par la cheminée étant de 1190 mètres cubes par heure, tandis que la bouche de chaleur n'en fournissait que 304 mètres cubes, le reste, ou 886 mètres cubes, entrait par les joints des portes et des fenêtres. Il est évident que si plusieurs autres ouvertures avaient été ménagées et mises en communication directe avec les caves, on aurait pu aspirer par ces ouvertures la presque totalité de l'air évacué par la cheminée, et faire de même arriver cet air frais au plafond.

La vitesse avec laquelle l'air frais débouchait près du plafond était de 1m,19 en 1″, et cependant il n'en résultait dans le cabinet aucune sensation d'un courant d'air, tandis que, quand le même volume d'air affluait à hauteur du plancher par la bouche de chaleur elle-même, cet air, directement appelé par la cheminée, formait un courant désagréable.

A l'inverse, la vitesse d'appel à l'entrée de la cheminée était d'environ 2m,40 en 1″, et elle ne déterminait, à 0m,30 ou 0m40 de l'orifice, qu'une sensation à peine sensible quand l'air frais était conduit au plafond.

Dans les expériences, dont on vient de rapporter les résultats, l'air frais venant des caves affluait vers le plafond à une hauteur de plus de 7m,00 au-dessus de son point d'introduction dans les conduits du calorifère dont il parcourait tous les tuyaux, en éprouvant des résistances et des pertes de force vive. Il est donc bien évident que s'il avait été pris directe-

ment par des conduits spéciaux bien disposés, partant soit des caves, soit d'une certaine hauteur au-dessus du sol, il aurait éprouvé moins de résistances et serait parvenu dans le cabinet en plus grande abondance.

A plus forte raison aurait-on pu introduire de l'air pris en des points plus élevés de l'atmosphère et amené d'une manière convenable.

209. 2ᵉ *Série d'expériences sur les effets de ventilation produits par la combustion du gaz d'éclairage.* — Du 18 août au 11 septembre 1862, on a exécuté dans la même cheminée une deuxième série d'expériences dans laquelle on a fait varier entre des limites très-étendues les volumes de gaz consommés.

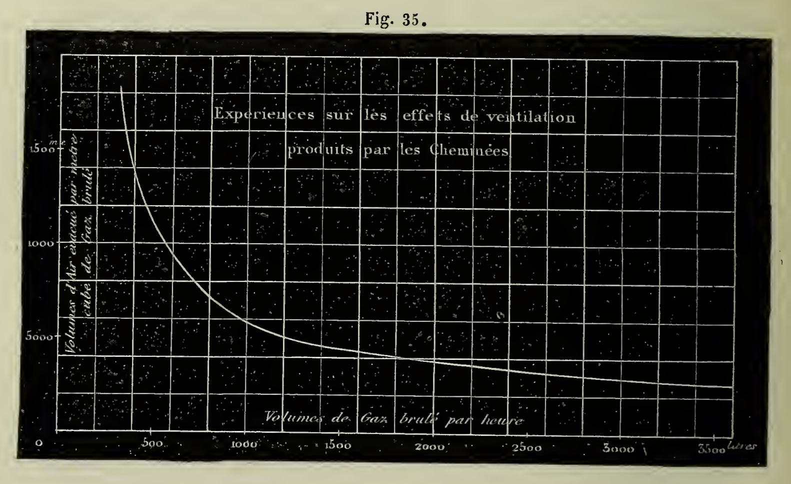
Le 18 août on a cherché, par une expérience préalable, à déterminer quel était le volume d'air évacué par la seule action de la ventilation naturelle, et on a trouvé que, par une température extérieure de 19°,4, et une température intérieure de 20°, elle était de 190 mètres cubes par heure. La différence des températures extérieure et intérieure ayant peu varié pendant ces expériences, on pourra admettre, au moins comme une approximation, que la ventilation naturelle a été à peu près la même pendant leur durée.

2e SÉRIE D'EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LA COMBUSTION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE.

	DATES et NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	TEMPÉRATURE			VOLUME D'AIR appelé par la cheminée en 1 heure.		ACCROISSEMENT de température éprouvé par l'air. t—T.	NOMBRE d'unités de chaleur emportées par l'air évacué.	VOLUME de gaz brûlé par heure.	NOMBRE d'unités de chaleur utilisées par mètre cube de gaz brûlé.	VOLUME d'air évacué par mètre cube de gaz brûlé.	RAPPORT des densités de l'air de la cheminée à celle de l'air du cabinet à 20°.	VALEUR de la vitesse de l'air dans le conduit U.	VALEURS de $\sqrt{t-T}$.
		EXTÉRIEURE.	INTÉRIEURE.	dans LA CHEMINÉE.	TOTAL.	dû à L'ACTION du gaz.								
					m.c.	m.c.			m.c.	cal.	m.c.		m.	
1	28 août...	16°,0	20°,0	26°,0	585	394	10°,0	»	0,218	4502	1818	0,980	1,92	3,16
2	19 août..	17,5	19,5	28,0	793	602	11,5	»	0,333	5647	1808	0,970	2,65	3,45
3	5 sept...	17,0	18,5	45,0	778	587	28,0	»	0,967	5659	607	0,920	2,72	5,29
4	6 sept...	17,75	20,0	66,0	1065	874	48,25	»	2,636	4603	332	0,864	3,95	6,97
5	4 sept...	15,00	19,0	55,5	962	771	45,50	»	2,000	4493	385	0,889	3,46	6,74
6	4 sept...	18,00	19,0	65,0	1036	845	47,00	»	2,500	4583	378	0,864	3,84	6,86
7	6 sept...	17,75	20,0	75,0	1094	903	57,25	»	3,000	4836	301	0,840	4,16	7,58
8	11 sept...	18,00	19,5	79,5	1129	938	61,50	»	3,478	5453	269	0,835	4,34	7,85
										4973				

210. *Représentation graphique des résultats de ces expériences.* — Si l'on prend pour abscisses les volumes de gaz brûlés par heure, et pour ordonnées les volumes d'air évacués par l'action du gaz, on obtient une série de points dont le lieu paraît être une courbe de forme hyperbolique, ayant pour asymptotes les deux axes des coordonnées ; mais cette courbe n'est pas une hyperbole équitative.

Fig. 35.



Sa forme générale montre avec évidence que les volumes d'air évacués par mètre cube de gaz brûlé sont d'autant plus considérables que les volumes de gaz brûlé sont moindres; ce qui met en évidence l'avantage que présente au point de vue de l'économie l'emploi des températures modérées.

En prenant de même pour abscisses les valeurs de $\sqrt{t-T}$, et pour ordonnées les volumes d'air écoulés par l'effet de la combustion du gaz, c'est-à-dire l'excès du volume total sur le volume correspondant à la ventilation naturelle, les points que l'on obtient ainsi se trouvent sur une ligne droite passant par l'origine des coordonnées ; ce qui montre que, dans le cas où les températures extérieures T sont restées à peu près les mêmes pendant les expériences, les volumes d'air à la

température du cabinet, dont la combustion du gaz a déterminé l'évacuation, ont été proportionnels aux racines quarrées des excès de la température dans le conduit sur la température extérieure, ce qui est conforme aux conséquences de la théorie.

Enfin, si on prend pour abscisses les volumes de gaz brûlés par heure et pour ordonnées l'excès $t-T$ de la température dans le conduit sur la température extérieure, on obtient une courbe dont la concavité est tournée vers la ligne des abscisses, ce qui prouve que cet excès de température croissait moins rapidement que les volumes de gaz brûlés, et comme les volumes d'air évacué ne croissent tout au plus que proportionnellement aux racines de $t-T$, il s'ensuit encore que les effets de ventilation sont bien loin de croître proportionnellement à ces excès de température et aux consommation de gaz, comme l'a d'ailleurs fait voir la courbe précédente; ce qui est tout à fait conforme aux principes de la théorie.

211. *Quantité de chaleur utilisée par mètre cube de gaz brûlé.* — En calculant, comme nous l'avons fait pour le bois et pour la houille, la quantité de chaleur communiquée à l'air par le gaz brûlé, nous avons pu en déduire le nombre d'unités de chaleur qui ont été emportées par l'air et qui, par conséquent, peuvent être regardées comme utilisées pour la ventilation.

La difficulté de déterminer avec exactitude la température est assez grande, et elle exige comme on l'a indiqué des précautions spéciales; aussi les résultats ne sont-ils pas exempts de toute incertitude.

Je reproduis à part ceux qu'ont fournis les deux séries.

1re Série. La quantité de chaleur utilisée par mètre cube de gaz brûlé a été :

Le 18 avril, de............	6214 calories
Le 21 avril, de............	5712 —
Le 24 avril, de............	5238 —
Moyenne.........	5758 calories.

Les observations de la 2e série, où l'on a pu déterminer plus exactement les températures moyennes dans la cheminée, ont fourni les résultats suivants:

2e Série. La quantité de chaleur utilisée par mètre cube de gaz brûlé a été :

Le 28 août...............	4502	calories
Le 19 août...............	5647	—
Le 5 septembre...........	5659	—
Le 6 septembre...........	4603	—
Le 4 septembre...........	4493	—
Le 4 septembre...........	4583	—
Le 6 septembre...........	4836	—
Le 11 septembre..........	5453	—
Moyenne..........	4973	calories.

Les valeurs de quantités de chaleur communiquées à l'air évacué par mètre cube de gaz brûlé sont notablement inférieures, dans cette 2e série, à celles qui ont été trouvées dans la 1re série; mais il faut aussi observer que, dans cette 2e série, les expériences ont été moins prolongées que dans la 1re série, et que les quantités de chaleur absorbées par les parois de la cheminée y ont été nécessairement plus grandes en proportion.

Quoiqu'il en soit, il résulte de cet ensemble d'observations que la quantité de chaleur que l'on peut communiquer à l'air dans une cheminée, par mètre cube de gaz brûlé, s'élève en moyenne à plus de 5000 calories, c'est-à-dire au moins aux $\frac{5}{6}$ de celle que développe le gaz par sa combustion. Cette donnée de l'expérience nous servira pour la solution des questions d'application qui pourraient se présenter.

212. *Différences de température à diverses hauteurs dans une cheminée.* — A l'occasion des expériences sur l'appel produit par la combustion du gaz, j'ai cherché à constater la diffé-

rence qui pouvait exister dans une cheminée d'appartement entre les températures observées à diverses hauteurs.

A cet effet, on a introduit au-dessus du foyer, à environ 2^{m},50 de hauteur à partir du plancher, un thermomètre abrité du rayonnement direct produit par les becs de gaz, et l'on en a placé un autre à la hauteur de 20^{m},35, au moyen d'une ouverture pratiquée dans le corps de la cheminée. Ces deux thermomètres étaient ainsi : l'un vers le bas, l'autre vers le haut de la cheminée et à la distance de 17^{m},85 l'un de l'autre.

Les observations de températures, commencées le 13 juin à 10 heures 10 minutes, ont été faites à différentes heures après l'allumage du gaz, afin de constater l'influence de l'échauffement du tuyau de la cheminée et même pour les continuer le 14, on a eu soin de laisser brûler, mais faiblement, le gaz pendant la nuit du 13 au 14. Les températures observées sont rapportées dans le tableau suivant.

DATES ET HEURES.	TEMPS écoulé depuis l'allumage	TEMPÉRATURE observée		DIFFÉRENCES
		EN BAS.	EN HAUT.	
13 juin 1862.				
10 h. 10'....................	0	97°	75°	22°
3 h.	4 h. 50'	90	79	11
14 juin.				
9 h. 30.....................	23 20	88	81	7
11 h. 45....................	25 35	91	86	5
1 h. 25.....................	27 15	95	86	9

On voit par ces résultats, obtenus sur une cheminée qui n'était échauffée que depuis 27 heures, que la différence de température, entre le haut et le bas de la cheminée, ne tarde pas à devenir assez faible pour qu'il soit permis dans l'application des formules déduites des principes de la théorie au mouvement de l'air dans les cheminées de ventilation ou de machines à vapeur, construites en maçonnerie, qui fonctionnent d'une manière permanente, d'admettre qu'il s'établit dans les conduits une température moyenne.

Cette conséquence a été encore manifestée d'une manière plus nette dans les expériences faites sur les effets de ventilation produits par la combustion du gaz dont les résultats généraux ont été rapportés au nº **217**. Mais il convient de remarquer que, dans cette 2e série, les températures ont été généralement plus basses que dans la 1re série, ce qui a dû contribuer à diminuer les pertes absolues de chaleur.

En effet, dans ces expériences, où les températures n'ont jamais été très-élevées au-dessus de celle de l'air extérieur, et qui n'ont duré chaque fois que quelques heures, on a observé les résultats suivants :

VOLUMES DE GAZ consommés PAR HEURE.	TEMPÉRATURES dans la cheminée	
	EN BAS.	EN HAUT.
m.c.		
0,218	26°	26°
0,333	31	29
0,947	45	45
2,000	65	55
2,500	69	65
2,636	68	66
3,000	76	75
3,478	79	79

De cet ensemble d'observations, il est donc bien permis de conclure que, dans les questions relatives au mouvement continu et permanent de l'air dans les cheminées, on peut admettre qu'il s'établit dans les conduits une température moyenne et à très-peu près uniforme sur toute leur étendue.

Il doit d'ailleurs être entendu que cette température devra être observée à une certaine distance du foyer, à l'abri du rayonnement du combustible en des endroits où le courant fluide ne traverse que des sections régulières, et peut être considéré comme parvenu déjà à l'état de régime.

D'une autre part, cette conclusion ne doit pas être étendue en tout temps aux cheminées en métal qui, n'étant pas préservées convenablement contre le refroidissement, peuvent

présenter des différences considérables de température dans leur étendue, ainsi que je l'ai constaté à l'hôpital Lariboisière.

213. *Observation relative au chauffage par les cheminées.* — Si les expériences précédentes mettent en évidence les effets puissants de ventilation que produisent naturellement les cheminées et le parti que l'on peut en tirer pour l'assainissement des lieux habités, elles expliquent en même temps comment pour le chauffage elles sont un moyen si peu économique. La presque totalité de la chaleur développée par les combustibles étant, comme on vient de le voir, emportée par l'air, l'échauffement des appartements n'est produit que par le rayonnement qui n'a lieu que par une ou deux des faces de l'espace qui contient le combustible.

D'une autre part, si l'appel énergique d'air extérieur que produit une cheminée est favorable à la ventilation, l'introduction de cet air froid par les joints des portes et des fenêtres et par leur ouverture momentanée est une cause incessante de refroidissement, et l'on sait qu'elle est parfois fort désagréable. Au point de vue du chauffage, il convient donc de restreindre le volume d'air appelé de l'extérieur par la cheminée à ce qui est nécessaire pour en assurer la marche stable et régulière, et d'utiliser une partie de la chaleur développée par le combustible pour introduire dans les appartements le plus grand volume possible d'air chaud, en évitant cependant que la température de cet air soit aussi élevée que celle que déterminent habituellement la plupart des appareils en usage.

Sous ce rapport, l'emploi des calorifères généraux qui versent dans les vestibules, dans les escaliers et dans une partie des pièces d'un édifice, une grande quantité d'air modérément chauffé sera toujours un auxiliaire utile du chauffage et de la ventilation.

214. *Conséquences relatives à la ventilation directe par les cheminées.* — Les expériences faites sur la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire, en mettant en évidence l'énergie de l'appel exercé par les cheminées ordi-

naires et l'avantage que présente au point de vue de la ventilation l'emploi des combustions lentes et des basses températures, nous conduisent à quelques conséquences qui peuvent, dans certains cas, avoir une assez grande importance.

Cherchons, par exemple, quelle peut être la dépense qu'occasionnerait une ventilation produite par la consommation d'une certaine quantité de houille, en supposant que le feu soit conduit de manière à obtenir une combustion lente, sans qu'elle cesse d'être régulière, pour que la température moyenne dans la cheminée ne soit que de 40 à 45°.

Dans ces conditions, le volume d'air évacué par kilogramme de houille brûlé serait d'environ 500 mètres cubes, et l'évacuation annuelle d'un mètre cube par heure, qui correspond à $365 \times 24 = 8760$ mètres cubes d'air, n'exigerait que la consommation de $\frac{8760^{m}}{500} = 17^{kil},5$ de houille, dont le prix fixé 43 fr. les 1000 kilogr., pour rester dans les termes des comparaisons que nous aurons à faire plus tard, serait

$$17^{kil},5 \times 0,043 = 0^{f},75.$$

Cette ventilation n'exigeant d'ailleurs l'intervention d'aucun agent spécial que ceux du service ordinaire de l'établissement, il n'y aurait pas lieu de tenir compte de la dépense du personnel.

Quant aux dépenses d'installation, elles se réduiraient à celles des cheminées et des conduits de prise et d'évacuation d'air, et ce serait sans doute les estimer largement que de les porter à 100 fr. par lit, dont l'intérêt et l'amortissement ne devraient pas être compté à plus de 7 pour 100 par an, puisqu'il n'y aurait que des grilles à renouveler.

Par conséquent, une ventilation annuelle de 60 mètres cubes d'air par heure et par lit coûterait :

Pour le combustible	$60 \times 0,75 =$	45^{f} 00
Pour intérêts et amortissement.......		7 00
		52^{f} 00

ce qui mettrait le prix de revient annuel d'un mètre cube d'air de ventilation par heure à

$$\frac{52,00}{60} = 0^f,87.$$

On voit donc que l'appel par l'action directe d'un foyer peut, dans certains cas, présenter des avantages ; mais il ne faut pas oublier que les évaluations précédentes ne comprennent pas la dépense du chauffage et ne sont relatives qu'à la ventilation.

215. *Vérification des formules théoriques par les résultats des séries d'expériences précédentes.* — Les diverses séries d'expériences sur les effets de ventilation produits par la consommation de quantités données de bois, de houille ou de gaz, outre l'utilité qu'elles peuvent avoir pour la pratique, nous fournissent une vérification remarquable des formules auxquelles la théorie nous a conduit. C'est ce que nous allons chercher à montrer en rapprochant les uns des autres les résultats qu'elles ont fournis.

Mais auparavant, il convient de rappeler qu'après les premières expériences faites sur cette cheminée, j'en avais fait modifier la construction intérieure. La partie que l'on nomme la hotte, rétrécie à sa base de manière à n'avoir que les dimensions du passage d'accès de l'air, avait été régulièrement raccordée avec le conduit proprement dit, de sorte que l'air n'éprouvait point de contraction sensible à son entrée et que le rétrécissement graduel des sections de passage ne donnait lieu à aucune perte de force vive. Il résultait de ces nouvelles dispositions que, dans la formule qui donne la vitesse de l'air à la température t du conduit et qui est, comme on l'a vu au nº **189**,

$$U = \sqrt{\frac{\dfrac{2gaH(t-T)}{1+aT}}{\left(\dfrac{A}{m_1A_1}\right)^2 + \left(\dfrac{1}{m}-1\right)^2 + \dfrac{2SL\beta}{A}}}$$

le terme $\left(\frac{1}{m}-1\right)^2$ disparaissait, et que le terme $\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2$ étant

égal à l'unité par suite de la suppression du mitron, elle devenait, pour cette cheminée modifiée, en faisant

$$2g = 19^{m},62 \quad a = 0,003665 \quad H = 19^{m}85 \text{ et } T = 20^{0} :$$

$$U = 0,473\sqrt{t - T}$$

en attribuant à T une valeur moyenne égale à 20°, ce qui du reste influe peu sur les résultats.

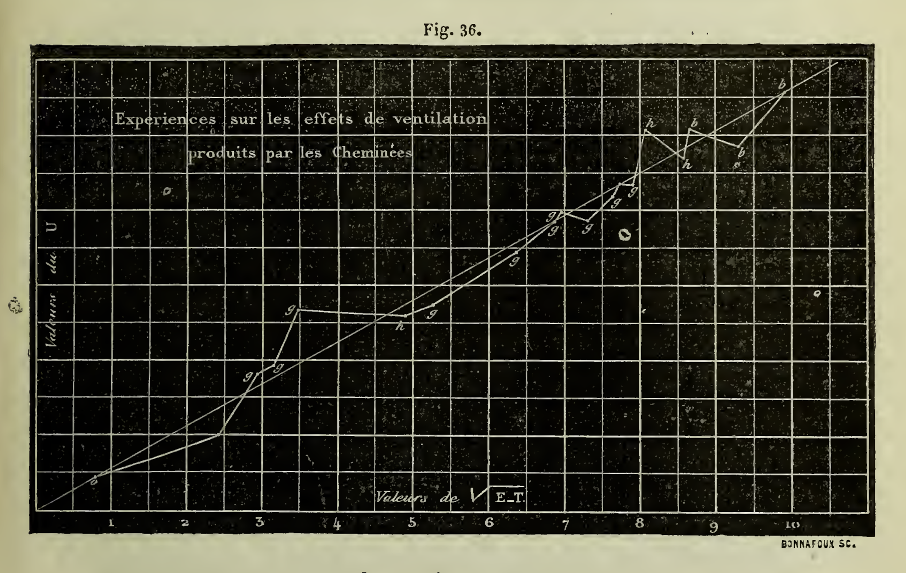
Or, si nous réunissons les résultats des expériences faites en brûlant du bois, de la houille ou du gaz, et nous bornant à mettre en regard les températures et les vitesses observées, nous pouvons en former le tableau suivant.

COMPARAISONS DES DIFFÉRENCES $t - T$ DES TEMPÉRATURES ET DES VITESSES U DÉDUITES DE L'OBSERVATOIRE.

COMBUSTIBLE EMPLOYÉ.	TEMPÉRATURES		EXCÈS moteur de température $t - T$.	VALEURS de $\sqrt{t - T}$.	VITESSES U dans le conduit de la cheminée.
	EXTÉRIEURE T.	dans LE CONDUIT de la cheminée t.			
					m.
Bois	15°	90°	75°	8,66	5,04
	8	107	99	9,95	5,57
Houille	15	102	87	9,32	4,78
	15	88	73	8,54	4,61
	15	80	65	8,06	5,03
	15	129	114	10,68	5,16
	15	143	128	11,31	5,53
	18,5	42	23,5	4,86	2,58
Gaz. 1re série	15	68	53	7,28	3,84
	20	85	65	8,06	4,63
	22,5	85	62,5	7,81	4,39
	19	85	66	8,12	4,64
Gaz, 2e série	15,0	23,0	8,5	2,92	1,85
	16,0	26,0	10,0	3,16	1,92
	17,5	29,0	11,5	3,45	2,65
	17,0	45,0	28,0	5,29	2,72
	17,75	48,25	48,25	6,97	3,95
	15,0	55,5	40,5	6,37	3,46
	16,0	65;0	47,0	6,84	3,84
	17,35	75,0	57,25	7,58	4,16
	14,0	79,6	61,5	7,85	4,34

216. *Représentation graphique générale des résultats des expériences faites dans la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire, en brûlant du bois, de la houille ou du gaz.* — Si maintenant nous prenons les valeurs de $\sqrt{t-T}$ pour abscisses, et celles des vitesses U de l'air à la température t dans le conduit de la cheminée pour ordonnées, et que nous désignions par les lettres b, bois, h, houille, g, gaz, les points qui appartiennent à ces diverses séries d'expériences, nous

Fig. 36.



trouverons que tous les points ainsi déterminés, malgré quelques anomalies inévitables dans des phénomènes influencés par les moindres variations de température, sont à très-peu près situés sur une même ligne droite passant par l'origine et dont l'équation serait

$$U=0,54\sqrt{t-T},$$

tandis que la formule théorique nous donnerait

$$U=0,47\sqrt{t-T}.$$

Cette comparaison montre donc :

1° L'exactitude complète de cette conséquence de la théorie

que, *pour une même température extérieure, les vitesses de l'air dans les cheminées sont proportionnelles aux racines quarrées de l'excès de la température moyenne intérieure dans la cheminée sur cette température extérieure ;*

2° Que la formule théorique fournit des résultats inférieurs dans le cas actuel de $\frac{1}{8}$ environ à ceux de l'expérience, et que, par conséquent, dans des calculs d'établissement, elle peut être employée sans crainte d'erreurs graves.

217. *Des cheminées communes à plusieurs conduits.* — On sait que, quand un courant d'air produit par l'aspiration circule dans un conduit, la pression qui s'établit dans ce conduit est inférieure à la pression extérieure, et que, par suite, tout orifice pratiqué dans la paroi, toute ouverture offerte par les joints, donne passage à une certaine quantité d'air qui entre dans le conduit par aspiration. Cet effet physique bien connu a été et est souvent utilisé de diverses manières, mais il convient de distinguer avec soin le but et les circonstances des applications que l'on veut en faire.

Le courant principal étant supposé dû à un foyer ou à une source quelconque de chaleur, les courants latéraux qui y affluent sont déterminés non-seulement par l'appel qu'il produit, mais surtout par l'excès de la température qui y règne sur la température extérieure. Tel est le cas de certaines cheminées qui, tout en servant à assurer la marche d'un foyer, sont aussi employées à ventiler par appel des ateliers où se dégagent des vapeurs nuisibles ; tel est aussi celui d'un système de ventilation appliqué à l'Hôpital militaire du Gros-Caillou et à celui de Vincennes. Il est, comme on le voit, tout à fait distinct de celui où le foyer de chaleur échauffe directement et uniquement l'air appelé.

D'autres fois la cheminée ou le conduit commun sert à évacuer les produits de la combustion de plusieurs foyers séparés, dont les conduits de fumée viennent déboucher dans cette cheminée principale, qui sert alors de régulateur à tous ces foyers. Cette disposition, qui est fréquemment employée

dans les forges, dans les fabriques de produits chimiques, peut aussi se combiner avec des appels destinés à enlever les vapeurs qui se développent à l'intérieur des ateliers. Les questions qui s'y rapportent se rattachent plus spécialement aux cheminées d'usines, et, comme nous ne voulons nous occuper ici que de ce qui concerne la ventilation, nous nous bornerons au premier dispositif.

En le réduisant à sa forme la plus simple, on peut le concevoir composé d'un tuyau vertical AB, au bas duquel est disposé un foyer de chaleur, et dans lequel s'embranchent latéralement un ou plusieurs tuyaux latéraux C. On conçoit facilement que l'action du foyer dilatant d'abord l'air qui est immédiatement au-dessus détermine un appel par l'orifice inférieur, et qu'à mesure que tout l'air, qui est contenu dans le tuyau vertical AB, s'échauffe, le mouvement s'y accélère, la pression intérieure y diminue, et des rentrées d'air se produisent par les conduits latéraux C.

Fig. 37.



Le mouvement et les appels, qui en sont la conséquence, une fois établis, il est clair que le volume d'air qui s'écoule par l'extrémité supérieure A du tuyau, est la somme du volume appelé directement au moyen du foyer par l'ouverture inférieure B, et des volumes fournis par des tuyaux latéraux C.

L'effet utile de ventilation se bornant à ces derniers volumes, il est important d'examiner les conditions les plus favorables pour augmenter ces effets et leurs proportions au volume total, ce qui constitue ce que l'on peut appeler le rendement de l'appareil. Commençons d'abord par cette dernière partie de la question, en discutant quelques résultats d'expériences faites au Conservatoire des arts et métiers, à l'aide d'un dispositif semblable à celui que nous venons d'indiquer.

Le tuyau principal AB avait $11^m,00$ de longueur, $0^m,24$ de

diamètre et $0^{m.q},0452$ de section, et le tuyau d'embranchement C, incliné à 45^0 sur l'autre, avait $0^m,20$ de diamètre et $0^{m.q},0314$ de section. Quatre becs de gaz étaient disposés au bas du tuyau vertical et placés à $0^m,10$ de l'entrée; ce qui réduisait la hauteur de la colonne d'air chaud à $10^m,90$.

Quatre expériences ont été faites en observant successivement les vitesses, et, par suite, les volumes dans le tuyau vertical en B au-dessous des becs de gaz, et en A au sommet. La disposition du tuyau C n'a pas permis d'y faire d'observations, mais on a obtenu le volume d'air qui y passait par la différence de ceux qui s'écoulaient en A et B.

On a aussi fait une expérience spéciale en bouchant le tuyau latéral C.

Les résultats de ces observations et les volumes que l'on en déduit sont consignés dans le tableau suivant.

EXPÉRIENCES FAITES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS SUR LE TIRAGE LATÉRAL DES CHEMINÉES.

NUMÉROS et DATES des EXPÉRIENCES.	NOMBRE de BECS ALLUMÉS	CONSOMMATION de gaz EN 1 HEURE.	TEMPÉRATURE AMBIANTE en bas.	TEMPÉRATURE AMBIANTE en haut.	TEMPÉRATURE dans la cheminée en A	DIFFÉRENCES des TEMPÉRATURES produisant le tirage.	VITESSES DE L'AIR en A	VITESSES DE L'AIR en B	VOLUMES D'AIR ÉCOULÉS par A	VOLUMES D'AIR ÉCOULÉS par B	VOLUMES D'AIR ÉCOULÉS par C.	RAPPORT des volumes écoulés par C et par A.
1860		lit.	°	°	°	°	m.	m.	m.c.	m.c.	m.c.	
1 } 18 Déc.	0	0	4,5	4,5	4,5	»	0,32	»				
2	4	232	4,5	4,5	13,5	9	1,08	0,80	0,0488	0,0362	0,0126	0,26
3 } 19 Déc.	0	0	4,0	2,0	2,0	»	0,48	»				
4	0	0	4,0	2,0	2,0	»	0,42	»				
5	4	231	4,0	2,0	12,0	10	1,15	0,67				
6	4	232	4,0	2,0	12,0	10	1,12	0,75	0,			
1861		232				Moyenne..	1,13	0,71	0,0511	0,0321	0,0190	0,36
7 } 23 Déc.	0	0	0,5	—1,75	—1,75	»	0,70	»				
8	0	0	0,5	—1,75	—1,75	»	0,63	»				
9	4	228	0,5	—1,75	6,0	7,75	1,18	0,76				
10	4	222	0,5	—1,75	6,0	7,75	1,12	0,74				
		228				»	1,15	0,75	0,0520	0,0339	0,0181	0,34
11 } 15 Janv.	0	0	—1	—2	—2	»	1,28	0,97	0,0578	0,0305	0,0273	0,47
12	4	340	—1	—2	11,5	12,50	2,53	2,02	0,1144	0,0913	0,0231	0,20
								Moyenne générale	....			0,29
				L'orifice latéral C étant bouché.								
13 } 15 Janv.	0	0	—1	—1	—2		1,15		0,0520			
14	4	348	—1	—2	+11,5	12,50	2,59		0,1170			

218. *Conséquences des résultats précédents.* — Les résultats de ces expériences ne sont pas très-concordants, malgré le soin qui a été mis à leur exécution; mais on ne doit pas s'en étonner, en remarquant qu'elles n'ont été faites qu'à des températures assez faibles, et surtout en observant que même quand aucun bec de gaz n'était allumé, et alors qu'il était naturel de croire qu'il ne se formerait dans cette cheminée en zinc que des courants insensibles, il s'y engendrait cependant des vitesses qui se sont élevées à $0^{m},70$ et même à $1^{m},11$ en 1″.

On voit cependant que tous les résultats sont d'accord pour montrer que le volume d'air écoulé par le tuyau latéral C est beaucoup moindre que celui qui est entré par l'orifice inférieur B. Cette infériorité ne peut être évidemment attribuée uniquement à la différence des sections dont le rapport est

$$\frac{0^{m.q},0324}{0,0452} = 0,695.$$

En attendant que de nouvelles expériences nous permettent de bien démêler le rôle que joue le rapport de ces sections, celles qui précèdent peuvent nous aider à apprécier les effets d'un pareil dispositif appliqué à un bâtiment de plusieurs étages.

Car si la cheminée verticale doit servir à évacuer, outre le volume d'air qui est entré par l'orifice inférieur et qui s'est échauffé après son admission, les volumes d'air que l'on veut appeler à trois étages différents, il est évident que si les orifices d'appel de ces trois étages ont, par rapport à la section de la cheminée, une section encore moindre que celle de notre appareil d'expérimentation, les volumes d'air appelés à chaque étage seront aussi dans une proportion inférieure à celle que nous avons trouvée ci-dessus.

Il y a plus, dans les expériences, le tuyau latéral C était incliné à 45° sur la cheminée AB, circonstance évidemment bien plus favorable à l'introduction de l'air fourni par ce

tuyau que les dispositions ordinaires et à peu près obligatoires des orifices d'appel des locaux à ventiler qui, presque toujours obligent l'air appelé à pénétrer dans la cheminée d'évacuation perpendiculairement à sa longueur.

L'expérience montre d'ailleurs tous les jours que, quand deux courants d'air se croisent et même sont dirigés à peu près dans le même sens, le plus rapide restreint et souvent annule complétement l'autre. Nous l'avons constaté par des mesures directes dans des expériences faites à l'asile du Vésinet. Or ici le courant vertical d'air échauffé par les becs de gaz avait évidemment une vitesse plus grande que celle qui se produisait en C, ce qui devait rendre ce dernier courant bien inférieur à celui qui pouvait se former en B.

La comparaison des expériences du 15 janvier montre d'une manière bien évidente que c'est à la différence des densités qu'est dû le mouvement de l'air dans l'appareil expérimenté. En effet, dans l'expérience 12, où quatre becs de gaz étaient allumés et où le tuyau latéral était ouvert, le volume d'air total évacué par l'extrémité supérieure A du tuyau a été trouvé égal à $0^{m.c},1144$ par seconde; et dans l'expérience 14, où le tuyau latéral était bouché et les quatre becs de gaz également allumés, ce volume a été de $0^{m.c},1170$. Or, dans la 14e expérience, où il n'y avait pas d'appel latéral, il est bien évident que tout l'effet produit était dû à la chaleur seule; il est donc clair qu'il en était de même dans la 12e, et si le volume d'air sorti en A s'est composé de $0^{m.c},0913$ entré par l'orifice inférieur B, et de $0^{mc},0231$ entré par l'orifice latéral C, cela prouve seulement que, par l'effet de la différence des densités extérieure et intérieure, il se faisait un appel simultané par ces deux orifices; mais il ne se produisait d'ailleurs aucune autre action mécanique que celle développée par la chaleur.

Il est même évident que si le tuyau latéral avait débouché au-dessous des becs de gaz, ou de la source de chaleur, et avait occupé toute l'ouverture inférieure B, il aurait fourni à la sortie en A le même volume total, et aurait produit, par

conséquent, à lui seul l'effet utile total de l'appareil et un assainissement plus considérable du local qu'il aurait dû ventiler.

Fig. 38.



La 11e et la 13e expériences, dans lesquelles les becs de gaz n'étaient pas allumés, mais où les autres circonstances étaient du reste les mêmes, ont aussi fourni pour le volume d'air total écoulé en A des valeurs à peu près identiques, $0^{m.c}$, 0578 et $0^{m.c}$,0520, et conduisent aux mêmes conséquences.

Elles ont de plus offert ce résultat remarquable que, malgré l'absence de l'action auxiliaire des becs, le volume total d'air écoulé sous l'influence seule du refroidissement de l'air extérieur, a été, dans ces expériences, au moins égal à celui des expériences 2, 5, 6, 9 et 10, où les becs de gaz étaient allumés; ce qui montre combien l'appel d'une simple cheminée est sensible aux moindres variations de température et de pression de l'air.

En résumé, l'explication des résultats des expériences dont nous venons de parler est tout à fait naturelle; elle découle de la considération suivante, qu'il nous paraît convenable d'exprimer nettement.

Dans ce système d'appel, l'effet utile n'est obtenu que par l'effet de la dilatation et de la légèreté spécifique de l'air qui pénètre dans la cheminée AB, ou, en d'autres termes, que par l'effet de la chaleur dépensée.

Or, en appliquant, cette chaleur à l'air extérieur qui s'introduit en B par le bas de la cheminée et qui ensuite en abandonne une partie seulement à l'air appelé par le tuyau C, on emploie un agent intermédiaire qui, comme tout autre organe mécanique, absorbe une partie de la puissance motrice d'autant plus considérable que ce volume est lui-même plus grand. Comme, en définitive, c'est la chaleur et non cet air auxiliaire qui produit l'effet de l'appareil, il est évident, *a priori*, que plus on réduira son volume et plus la chaleur

développée sera directement appliquée à l'air que l'on veut appeler, plus le volume de celui-ci croîtra, ainsi que l'effet de l'appareil.

Il suit de cette remarque qu'il y aurait bien plus d'avantage à faire agir directement la chaleur que développe le foyer sur l'air vicié lui-même, que l'on veut appeler et extraire, qu'à employer, pour produire l'appel et ce que l'on nomme l'entraînement, un volume d'air auxiliaire qui absorbe une grande partie du travail moteur.

Les effets du dispositif que nous venons d'examiner ont été comparés à ceux de cette machine soufflante, simple et rustique, que l'on appelle la *trompe des forges catalanes*, qui produit, par la descente de l'eau dans un tube vertical, l'aspiration de l'air par des orifices latéraux et dont l'effet utile n'est qu'environ le dixième du travail moteur. Mais malgré l'analogie apparente de ces appareils, il y a entre eux cette très-grande différence qu'outre l'effet d'appel, assez faible d'ailleurs, que produit le mouvement de l'air extérieur dans le tuyau vertical, la chaleur communiquée à l'air que contient ce tuyau, en diminuant sa densité, produit un appel bien plus énergique. C'est donc à l'action de la chaleur qu'il faut attribuer les effets des appels latéraux, et dans sa bonne utilisation qu'il faut chercher les moyens d'augmenter l'énergie de ces appels.

On verra plus tard, par les résultats des expériences faites par le service du génie pour l'application de ce système de ventilation par appel, que les considérations précédentes, sur son peu d'efficacité comparée à la dépense qu'il occasionne, ont été complétement vérifiées.

219. Outre les expériences d'étude que j'ai fait faire sur les effets de ventilation produits par la combustion du gaz d'éclairage dans des cheminées en zinc ou en tôle, dont les résultats ont été discutés au chapitre IV, et celles du chapitre V, sur la ventilation des cheminées ordinaires chauffées au bois, à la houille ou au gaz, j'en ai fait exécuter d'autres sur l'ac-

croissement d'activité que l'on peut donner à l'évacuation de l'air vicié dans divers édifices publics ou particuliers au moyen de l'action auxiliaire d'un certain nombre de becs de gaz. Je crois utile d'en reproduire ici les résultats, malgré les divergences qu'ont pu y apporter les conditions particulières et complexes des lieux.

220. *Expériences sur les effets de ventilation produits par la chaleur développée par les becs de gaz.* — Lors de l'examen des questions que soulevaient les projets présentés pour le chauffage et la ventilation des nouveaux bâtiments du palais de justice, je fus amené à me préoccuper des moyens auxiliaires que, pour des circonstances fortuites et parfois urgentes, l'on pourrait ajouter aux appareils de ventilation.

A cette époque (*) j'indiquai l'emploi systématique que l'on pourrait faire de la chaleur développée par les becs de gaz employés à l'éclairage, dont des essais partiels et isolés avaient déjà montré l'efficacité, et j'annonçai le projet de faire sur ces effets des expériences qui permissent de fixer les idées sur le parti que l'on pourrait tirer de ce moyen. Les expériences dont il vient d'être parlé ont été les premières recherches que j'aie entreprises à ce sujet.

221. *Expériences faites au palais de justice.* — La question qui nous occupait alors concernait les projets relatifs aux bâtiments des salles d'assises du palais de justice, je crus devoir y faire une expérience d'effet général, propre à montrer ce que l'on pouvait espérer, dans des bâtiments de ce genre, de la chaleur développée par des becs d'éclairage. Une observation importante de M. le premier président de la Cour d'appel avait en effet appelé l'attention sur cette circonstance particulière aux salles d'audience, que l'affluence du public y étant excessivement variable, non pas seulement

---

* (23 juillet 1860). Séance de l'Académie des sciences.

d'un jour à l'autre, mais encore dans une même journée, d'une affaire à la suivante, il en résultait la nécessité d'une grande et presque subite facilité de variation dans la puissance de la ventilation. Comme solution de cette difficulté, je proposai d'essayer l'emploi d'un certain nombre de becs de gaz, et la commission obtint de M. le préfet de la Seine l'autorisation d'en faire établir dans la cheminée d'évacuation du bâtiment de la police correctionnelle. Les expériences ont été faites en conséquence les 5, 15 et 16 octobre 1860.

Le chauffage et la ventilation de ces bâtiments sont obtenus à l'aide d'appareils de circulation d'eau chaude établis par M. L. Duvoir-Leblanc et disposés d'après le système connu de ce constructeur.

La cheminée générale d'appel dans laquelle est placé le récipient tubulaire d'eau chaude est à section quarrée dans sa partie prismatique inférieure et elle devient pyramidale à huit faces dans sa partie supérieure, ce qui présentait quelques difficultés pour une bonne installation, et surtout pour la répartition symétrique des becs de gaz à employer.

Les résultats qui ont été obtenus dans ces expériences ne sauraient donc être les plus favorables que l'on puisse espérer.

Dans cette cheminée et un peu au-dessus du récipient d'eau chaude, dans la partie prismatique à section quarrée et au-dessous de la portion pyramidale, on a établi un tuyau de conduite de gaz de forme quarrée dont les côtés étaient mis en communication, vers le milieu de leur longueur, par quatre autres tuyaux, de même diamètre, formant croisillon et se réunissant au centre de la cheminée. Ce circuit, dont les grands côtés étaient à $0^m,20$ des murs de la cheminée, portait 48 becs de gaz que l'on pouvait allumer ou éteindre à volonté.

A l'aide de cette disposition fort simple, sur laquelle il est sans doute inutile de donner de plus amples détails, on a pu faire les trois expériences suivantes :

1° Ventilation des salles à l'aide des appareils ordinaires de chauffage à l'eau chaude.

2° Ventilation par l'action simultanée des mêmes appareils et de la chaleur développée par 48 becs de gaz.

3° Ventilation par l'action unique de la chaleur développée par les 48 becs de gaz, aidée cependant des effets de l'aspiration naturelle que la cheminée pouvait exercer sans chauffage.

Pour rendre cette dernière série d'expériences aussi complétement indépendante que possible de l'échauffement antérieur produit par la circulation de l'eau chaude, on avait eu le soin d'en fixer le jour au lundi et de faire complétement éteindre le feu des appareils de ce chauffage et vider le récipient supérieur à partir du samedi précédent. On ne peut cependant supposer que les parois de la cheminée n'aient encore conservé aucune partie de la chaleur qui leur avait été antérieurement communiquée, ce qui d'ailleurs est rendu, comme on le verra, assez probable par les résultats obtenus.

La hauteur de cheminée entre l'anémomètre et les becs de gaz n'était que de 3 mètres, et sa forme ainsi que la disposition du tube n'étaient pas, comme on l'a dit, favorables à un échauffement uniforme de l'air; aussi les observations de la vitesse de l'air en divers endroits d'une même section transversale ont-elles présenté des différences assez notables, d'autant plus que, pour opérer à une distance des becs suffisante pour qu'une certaine uniformité se fût établie dans le mouvement général de l'air, il était nécessaire de placer l'anémomètre dans la portion pyramidale de la cheminée.

Quoi qu'il en soit, les résultats s'accordent tous pour manifester d'une manière irrécusable l'influence de la chaleur développée par la combustion du gaz; c'est ce que l'on peut voir par l'examen des résultats des observations consignés dans le tableau suivant.

L'aire de la section transversale de la cheminée dans la-

quelle l'anémomètre a été placé était de $2^{m \cdot q},2278$. L'anémomètre Combes employé portait le n° 22 et avait pour tare la formule

$$V = 0^m,1392 + 0^m,0885 \, N.$$

Nous donnerons d'abord le tableau des résultats immédiats des expériences, et nous en déduirons ensuite les conséquences.

EXPÉRIENCES FAITES AU PALAIS DE JUSTICE SUR LES EFFETS DE LA VENTILATION.

DATES DES EXPÉRIENCES.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre.		VITESSE de l'air en 1".	TEMPÉRATURE DE L'AIR			VOLUMES D'AIR écoulés A LA TEMPÉRATURE			EMPLACEMENT DE L'ANÉMOMÈTRE.
		total.	en 1".		EXTÉRIEUR.	dans la CHEMINÉE.	DIFFÉRENCE.	observée en 1".	de 16° en 1".	de 16° en 1 heure.	
Chauffage ordinaire par les appareils de circulation d'eau chaude seuls.											
				m.	°	°	°	m.c.	m.c.	m.c.	
5 octobre 1860.	10'	5155	8,59	0,90	18,2	23,5	....	....	....	....	au milieu.
	5	2285	7,61	0,81		23,5	....	....	....	....	au milieu.
	5	2396	7,99	0,85		23,75	....	....	....	....	au milieu.
	10	3948	6,58	0,72		23,0	....	....	....	....	sur le côté.
	5	1925	6,41	0,70		23,0	....	....	....	....	sur le côté.
	5	1886	6,29	0,69		23,0	....	....	....	....	sur le côté.
Moyennes..................				0,778	18,2	23,3	5,1	1,733			
16 octobre.	5	2390	7,96	0,84	17,3	22,0	....	....	....	....	au milieu.
	5	2330	7,76	0,83		22,0	....	....	....	....	au milieu.
	5	2322	7,74	0,82		21,75	....	....	....	....	sur le côté.
	5	1804	6,01	0,67		21,0	....	....	....	....	dans un angle.
Moyennes..................				0,79	17,3	21,7	4,4	1,760			

Chauffage simultané par les appareils à circulation d'eau et par 48 becs de gaz.

5 octobre.	10	9160	15,27	1,49	18,2	33,5	....	....	....	....	au milieu.
	10	9200	15,33	1,50		34,0	....	....	....	....	au milieu.
	11	11526	17,46	1,68		36,0	....	....	....	....	sur le côté.
	10	11131	18,55	1,78		35,5	....	....	....	....	sur le côté.
	10	10850	18,08	1,74		35,25	....	....	....	....	dans un angle.
Moyennes.				1,64	18,2	35,05	16,85	3,653			
16 octobre.	5	5485	18,28	1,76	17,3	36,0	....	....	....	....	au milieu.
	5	3795	12,65	1,26		36,0	....	....	....	....	sur le côté.
	5	3405	11,35	1,14		36,0	....	....	....	....	dans un angle.
	5	5984	19,95	1,90		36,0	....	....	....	....	au milieu.
Moyennes				1,52	17,3	36,0	18,7	3,386			
Vitesse moyenne des deux séries........				1,58				3,519	3,297	11869	

Ventilation avec 48 becs de gaz sans chauffage de la cheminée.

11 octobre.	»	2360	7,87	0,83	»	27,5	....	....	....	....	au milieu.
	»	2294	7,65	0,81			....	....	....	....	au milieu.
	»	2280	7,60	0,81			....	....	....	....	au milieu.
	»	2210	7,37	0,89			....	....	....	....	au milieu.
	»	3112	10,37	1,06	14,5	30,0	....	....	....	....	sur le côté A.
	»	3114	10,38	1,06			....	....	....	....	sur le côté A.
	»	2830	9,43	0,97	»	30,0	....	....	....	....	sur le côté B.
	»	2818	9,39	0,96			....	....	....	....	sur le côté B.
	»	3270	10,90	1,00	»	30,0	....	....	....	....	sur le côté C.
	»	3160	10,53	1,07			....	....	....	....	sur le côté C.
Vitesses moyennes....................				0,947	14,5	29,4	14,9	2,109	2,009	7,235	

222. *Conséquences des expériences précédentes.* — Il résulte des chiffres consignés dans le tableau précédent.

1° Que l'emploi de 48 becs de gaz consommant, d'après les indications du compteur, 1 mètre cube de gaz ou 9′25″ ou $6^{m \cdot c},37$ par heure, a suffi pour porter le volume d'air évacué des salles et des dépendances des bâtiments de la police correctionnelle de 6160 à 11869 mètres cubes.

2° Que l'action de ces 48 becs d'éclairage jointe à celle de la ventilation naturelle que continuait à produire la cheminée d'appel sans le concours du chauffage, a suffi pour assurer l'évacuation de 7235 mètres cubes par heure.

Sans vouloir déduire de ces expériences, faites dans des conditions assez peu régulières, des conclusions quant au volume d'air dont la consommation d'un mètre cube de gaz peut déterminer l'appel, nous ferons cependant observer que la consommation de $6^{m \cdot c},37$ par heure a élevé la température dans la cheminée de $16^{0},85$, et le volume d'air évacué par heure de 6160 à 11869 mètres cubes. La différence, égale à 5709 mètres cubes, est donc le volume dont la combustion des $6^{m \cdot c},37$ a déterminé l'appel, ce qui revient à

$$\frac{5709^{m \cdot c}}{6,37} = 896^{m \cdot c}$$

d'air appelé par mètre cube de gaz brûlé; ce qui, eu égard à la température assez modérée à laquelle l'air a été élevé, rentre dans les limites des résultats obtenus précédemment.

Le mètre cube de gaz coûtant à la ville $0^{f},15$, il s'ensuit qu'un surcroît de ventilation de 1000 mètres cubes par heure exigerait $\frac{1000}{896} = 1^{m \cdot c},116$ de gaz et coûterait $0^{f},167$ à la ville.

Si nous faisions un calcul analogue pour le cas où la chaleur développée par les 48 becs de gaz avait pour seul auxiliaire l'action de l'aspiration naturelle, et où l'on a aussi obtenu l'évacuation de 7235 mètres cubes d'air avec une con-

sommation de $6^{m.c},37$ par heure, nous trouverions que, dans ces conditions, le volume d'air évacué par mètre cube de gaz brûlé a été égal à

$$\frac{7235}{6,37} = 1136^{m.c}$$

et qu'ainsi l'évacuation de 1000 mètres cubes n'exigerait que la combustion de $0^{m.c},881$ et ne coûterait à la ville que $0^{f},132$.

Quoi qu'il en soit de ces estimations, dont les résultats sont, sans doute par suite des dispositions locales, plus favorables que d'autres que nous allons faire connaître, on voit que la difficulté particulière relative aux variations considérables des besoins de ventilation dans les salles d'audience des tribunaux et dans beaucoup d'autres cas analogues, peut être facilement résolue par l'installation d'un nombre assez limité de becs de gaz dans les cheminées générales d'évacuation. Des mesures d'ordre, faciles à indiquer, feraient connaître le moment où l'on devrait recourir à ce moyen auxiliaire de ventilation.

225. *Expériences faites à l'hôpital Lariboisière.* — Les résultats favorables de ces premières expériences m'ayant engagé à les répéter sur un autre établissement, la commission chargée de l'examen des projets de chauffage et de ventilation des théâtres de la place du Châtelet a obtenu, sur ma proposition, de M. le directeur de l'assistance publique, l'installation d'un certain nombre de becs d'éclairage dans les cheminées de deux des pavillons de l'hôpital Lariboisière, dont l'un, le pavillon n° 4, est chauffé par circulation de vapeur et ventilé par insufflation, et l'autre, n° 3, est chauffé par circulation d'eau et ventilé par aspiration.

Je vais faire connaître les résultats de ces deux séries de recherches.

La cheminée d'évacuation générale de l'air dans le pavillon n° 4 de l'hôpital Lariboisière est en zinc, sans aucun revêtement intérieur ou extérieur en maçonnerie. Elle a $1^{m},30$

de diamètre et une hauteur de $2^m,20$ seulement au-dessus du faîte de la toiture, ce qui n'est pas, à beaucoup près, suffisant pour utiliser les effets de la chaleur. Cette cheminée en zinc a de plus le grave inconvénient de permettre le refroidissement de l'air qui la traverse l'hiver, de sorte qu'à sa sortie l'air y est presque toujours à une température de 7, 8 et 9° au-dessous de celle qu'il avait dans les salles, et qu'au lieu de faciliter l'appel elle lui crée ainsi une résistance.

Les becs de gaz y ont été disposés à hauteur du faîte de la toiture, sur quatre conduits circulaires concentriques des diamètres de

$0^m,20$; $0^m,46$; $0^m,72$; $0^m,98$;

sur lesquels on a placé respectivement

5, 10, 16, 22 becs; total 53 becs,

que l'on pouvait à volonté allumer ou éteindre en totalité ou en partie.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LA CHALEUR DÉVELOPPÉE PAR LE GAZ D'ÉCLAIRAGE, FAITES A L'HOPITAL DE LARIBOISIÈRE, SYSTÈME DE MM. THOMAS ET LAURENS PAVILLON N° 4.

DATES des EXPÉRIENCES	NOMBRE de becs allumés.	VOLUME de gaz brûlé par heure.	EXCÉDANT du volume de gaz brûlé d'une expérience à l'autre.	VITESSES de l'air en 1".	VOLUME d'air évacué par heure.	EXCÉDANT du volume d'air évacué par heure.	VOLUME d'air évacué par mètre cube de gaz.	TEMPÉRATURES			
								extérieure	dans les salles.	dans la cheminée.	Différence
				Le ventilateur fonctionnant à 70 tours de la machine.							
		m.c.	m.c.	m.	m.c.	m.c.	m.c.	°	°	°	°
13 déc.	32	7,299	7,299	1,535	6,422	910	124,0	6	21	32	26
	»	»		1,245	5,512					13	7
1860.	53	8,757	8,757	1,700	7,066	1,554	177,5	6	19	32	26
	»	»		1,245	5,512					13	7
	53	8,757	1,458	1,700	7,066	644	441,7	6	18,25	42	36
	32	7,290		1,535	6,422						
				Le ventilateur étant arrêté.							
13 déc.	32	7,056	7,056	1,315	5,555	775	109,0	6	19	13	7
	»	»		1,130	4,780					32	26
1860.	53	8,757	8,757	1,535	6,466	1,686	198,5	6	19	52	46
	»	»		1,130	4,780						
	53	8,757	1,700	1,535	6,466	911	535,6	6	19	52	46
	32	7,056		1,315	5,555						
				Le ventilateur fonctionnant à 72 tours de la machine.							
15 déc.	32	7,347	7,347	1,525	6,336	814	110,8	3	19	32	29
	»	»		1,290	5,522					13	10
1860.	32	9,230	9,230	1,735	7,250	1,728	187,2	3	19	53	50
	»	»		1,290	5,522					13	10
	53	9,230	1,883	1,735	7,250	914	485,4	3	19	53	50
	32	7,347		1,525	5,522					32	29
				Le ventilateur étant arrêté :							
15 déc.	32	7,347	7,347	1,315	5,781	946	128,7	6	19	32	26
	»	»		1,088	4,835					13	7
1860.	53	9,230	9,230	1,535	6,836	2,001	216,8	6	19	52	46
	»	»		1,080	4,835					13	7
	53	9,230	1,883	1,535	6,836	1,055	560,3	6	19	52	46
	32	7,347		1,315	5,781					32	26

224. *Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Les résultats des expériences que l'on vient de rapporter, bien que favorables à l'emploi du gaz, le sont beaucoup moins que ceux des observations faites au palais de justice.

On voit néanmoins qu'alors que le 13 décembre 1860, la machine motrice du ventilateur fonctionnant à 70 tours en 1′, ou le ventilateur à 280 tours, le volume d'air évacué par la cheminée n'était que de 5512 mètres cubes par heure ou de 54 mètres cubes par heure et par lit, l'emploi de 32 becs de gaz l'a élevé à 6422 mètres cubes par heure, ou à 63 mètres cubes par heure et par lit, et celui de 53 becs à 7066$^{m \cdot c}$ par heure, ou à 69$^{m \cdot c}$,27 par heure et par lit, et que le 15 décembre, tandis que la machine motrice fonctionnant à 72 tours et le ventilateur marchant à 288 tours en 1′, le volume d'air évacué n'était que de 4835 mètres cubes par heure, ou de 47$^{m \cdot c}$,4 par heure et par lit, l'emploi de 32 becs de gaz l'a élevé à 5781 mètres cubes par heure ou à 56$^{m \cdot c}$,66 par heure et par lit, et celui de 53 becs à 6836 mètres cubes par heure ou à 67$^{m \cdot c}$,02 par heure et par lit.

Si l'influence de l'emploi du gaz, quoique très-notable, a été aussi faible dans ce pavillon, il y a sans doute lieu de l'attribuer au peu de hauteur de la cheminée et à l'emploi du zinc, sans aucun préservatif contre le refroidissement. La première cause réduisait effectivement à bien peu de chose le surcroît d'activité imprimé au tirage, et la seconde en atténuait encore l'effet, en permettant à l'air de se refroidir rapidement, puisque cet air, qui était à 19° dans les salles, n'avait plus que 13° dans la cheminée.

225. *Exemple de l'utilité des becs de gaz comme moyen auxiliaire de ventilation.* — L'installation provisoire des becs de gaz dans la cheminée générale d'évacuation du pavillon n° 4 de l'hôpital Lariboisière nous a fourni une occasion assez remarquable de constater l'utilité de ce moyen auxiliaire pour des cas accidentels, et la nécessité de ne pas abaisser dans les

hôpitaux le volume d'air à extraire des salles au-dessous du chiffre de 60 mètres cubes par heure et par lit.

Dans le courant du mois de février 1861, le nombre des malades reçus dans cet hôpital s'étant beaucoup augmenté, on a été dans la nécessité d'installer dans quelques-unes des salles, et en particulier dans celles du pavillon n° 4, des lits supplémentaires, de sorte que dans celles du premier et du second étage, le nombre des lits a été porté de 32 à 42 ou 44. Dès lors la ventilation habituelle, qui n'est en moyenne que de 60 mètres cubes au plus par heure et par lit, quand il y en a 32, s'est trouvée réduite à $\frac{32}{42} \times 60 = 45$ mètres cubes, et est devenue tout à fait insuffisante. Une odeur très-forte et très-désagréable régnait dans cette salle.

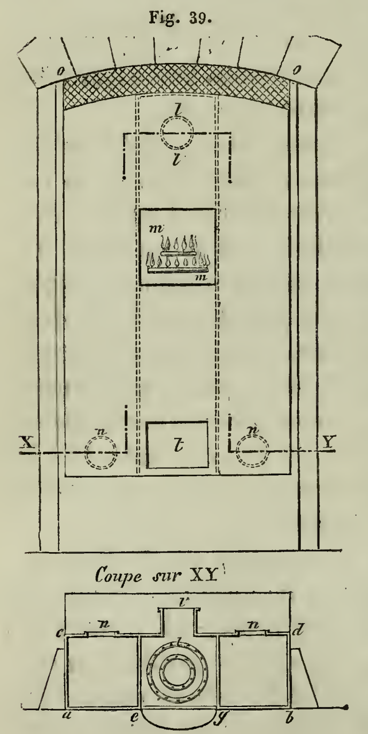
Je l'ai constaté à diverses reprises, les malades m'ont adressé à ce sujet plusieurs fois leurs observations, et je l'ai aussi fait observer par MM. Tresca et Barral, qu'une circonstance accidentelle avait conduits dans le voisinage. Au dire des malades, l'infection était surtout très-forte la nuit. J'ai prié alors M. le directeur de l'hôpital de faire l'essai d'un allumage continu, pendant une nuit, des 53 becs d'éclairage établis dans la cheminée générale d'évacuation, et le lendemain, quand je suis venu pour reconnaître l'influence de ce moyen accessoire de ventilation, j'ai pu, par moi-même et par le témoignage des malades, constater une amélioration très-sensible dans la salubrité de l'air.

Le volume d'air extrait avec le concours des 53 becs de gaz et avec l'action du ventilateur ne s'élevant, comme on l'a vu, qu'à 7250 mètres cubes par heure, et le nombre de malades étant alors de 120 environ dans ce pavillon, on voit que cette ventilation correspondait à 60 mètres cubes d'air vicié extrait par heure et par lit, et que si elle suffisait pour entretenir l'air à un degré acceptable de pureté, le volume de 45 mètres cubes par heure et par lit, correspondant à la ventilation ordinaire et restreint à ce dernier chiffre par l'accroissement du nombre des malades, était tout à fait insuffisant.

Je n'oserais affirmer que le grand nombre d'affections érésipélateuses qu'on a observées en ce moment dans ces pavillons fût dû à l'insuffisance de la ventilation ; mais je ne pourrais m'empêcher de regretter que l'installation provisoire de becs de gaz qui pouvait être utilisée dans ce moment fût supprimée après de pareils essais, qui en montrent toute l'utilité éventuelle.

226. *Emploi des appareils d'éclairage des appartements pour y produire la ventilation.* — Les résultats des expériences précédentes montrent tout le parti que l'on peut tirer des appareils d'éclairage pour activer ou produire l'appel et l'évacuation de l'air des lieux qu'on se propose de ventiler, mais il m'a paru utile de constater par une expérience directe, que l'évacuation ainsi produite avait pour conséquence immédiate la rentrée d'air nouveau en remplacement de l'air vicié extrait, pourvu que l'on prît des dispositions convenables.

Fig. 39.



A cet effet j'ai fait enlever les châssis d'une grande fenêtre d'une salle à manger et j'ai fait remplir l'embrasure de cette fenêtre par un coffre en zinc *a b c d*, partagé par des cloisons verticales *eg* en trois compartiments ; celui du milieu offrait vers le bas et à l'intérieur de la pièce une ouverture *t* d'appel de l'air à évacuer, et vers le haut, à l'extérieur, un orifice d'évacuation *ll*. Vers le milieu de la hauteur de ce compartiment

étaient disposés douze becs de gaz, devant lesquels régnait une enveloppe bombée en verre *mm*, servant à répandre dans la salle la lumière développée par le gaz.

On conçoit facilement que, par l'effet de la chaleur due à la combustion du gaz, il se faisait par ce compartiment central un appel de l'air intérieur qui s'échappait ensuite au dehors.

Quant à la rentrée de l'air nouveau, elle se faisait par les deux compartiments latéraux, qui avaient à l'extérieur, vers le bas, des ouvertures d'introduction de l'air *nn* qui permettaient à celui-ci d'arriver à la partie supérieure dans un compartiment *oo* cintré, selon la forme de la fenêtre, et garni d'une toile métallique sur sa face intérieure, offrant ainsi une ouverture de toute la largeur de la fenêtre et de $0^{m},20$ environ de hauteur, à travers laquelle l'air s'introduisait en filets minces dans le haut de la pièce.

A l'aide de ces dispositions, qui pourraient d'ailleurs être modifiées et rendues d'une installation plus facile, il a été possible de produire une évacuation et une rentrée continue d'air.

Les résultats observés ont présenté d'assez grandes variations, parce que dans la journée la pression du gaz dans les conduits de la ville est faible et variable; mais la moyenne générale a fait voir qu'avec un dispositif de ce genre, qui avait douze becs et développait une assez grande chaleur, la combustion d'un mètre cube de gaz pouvait produire l'évacuation de 390 mètres cubes d'air à une température moyenne de 55^{0} et subsidiairement une rentrée de 400 à 440 mètres cubes d'air frais.

Ces volumes sont bien inférieurs à ceux que nous avons obtenus avec une cheminée droite de 11 mètres de hauteur, et dans la cheminée du cabinet de la direction du Conservatoire; mais on sait que la hauteur des cheminées influe beaucoup sur l'énergie des appels, et de plus nous avons déjà annoncé que les volumes d'air écoulés par appel et par mètre cube de gaz brûlé étaient d'autant plus grands que la température était moindre.

Par tous ces motifs, le volume d'air évacué par mètre cube de gaz brûlé a été, dans ces expériences, très-inférieur à celui qui aurait pu être obtenu si, par exemple, le même nombre de becs avait été réparti soit sur plusieurs conduits, soit dans un conduit d'une plus grande section et d'une matière moins conductrice de la chaleur que le zinc.

Cependant, malgré ces causes d'infériorité, on voit que le dispositif employé a produit par mètre cube de gaz brûlé :

La sortie........ 390 à 400 mètres cubes,

La rentrée....... 400 à 440 mètres cubes.

Or ces volumes, à raison même de 30 mètres cubes par heure et par personne, suffiraient pour une réunion de 12 à 15 personnes, et pour une soirée de 4 à 5 heures ne coûteraient que 1f,20 à 1f,50.

Si enfin, au lieu d'un simple appareil d'essai, on disposait les becs d'éclairage dans des enveloppes d'une certaine élégance convenablement ornées, on voit que l'on pourrait, sans éprouver les désagréments de l'odeur et en utilisant la chaleur incommode de l'éclairage au gaz, profiter de sa belle lumière et assainir en même temps les lieux de nombreuses réunions.

Il suffira sans doute de faire connaître les résultats des premières expériences que nous avons pu faire pour que des entrepreneurs intelligents d'éclairage s'occupent d'en tirer parti.

CHAPITRE VI.

EXAMEN COMPARATIF DES DIVERS SYSTÈMES EMPLOYÉS EN FRANCE, D'APRÈS LES RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES.

227. Les opinions ont été dans ces dernières années surtout, fort partagées en France sur la préférence que, pour obtenir une ventilation à la fois assurée et économique, il convient d'accorder aux systèmes qui procèdent par aspiration ou à ceux qui opèrent par insufflation. En Angleterre, comme on a pu le voir par les renseignements que nous y avons recueillis récemment, et dont nous avons donné une analyse détaillée dans l'Introduction, l'on a depuis longtemps abandonné le système de l'insufflation pour les grands établissements.

Je me propose dans cette partie de mes études sur la ventilation, de discuter la question de la préférence à accorder à l'un ou à l'autre de ces systèmes, en me fondant principalement sur les résultats des expériences qui ont été faites par divers observateurs et de celles que j'ai pu moi-même faire exécuter.

Quelques considérations générales ne seront cependant pas superflues pour bien préciser la question et pour indiquer les différences essentielles dans les effets que produisent les deux systèmes.

Celui où l'on procède par refoulement, par insufflation de l'air nouveau dans les lieux que l'on veut assainir, exige nécessairement l'emploi d'appareils mécaniques, qui sont presque toujours des ventilateurs de diverses formes, et l'action seule de la chaleur n'est, en général, considérée que comme un auxiliaire dont on néglige beaucoup trop le concours, et non comme l'agent principal de la ventilation.

Dans le système de l'aspiration, au contraire, l'action directe de la chaleur est presque toujours, pour les lieux

habités, l'agent principal qui produit l'effet désiré; mais rien ne s'oppose à ce que, dans des circonstances données et spéciales, cette action ne soit aidée par celle d'un agent mécanique qui ne devient alors que l'auxiliaire.

Dans certains cas, cependant, l'aspiration peut être simplement produite par des moyens mécaniques, ainsi que cela se fait quand il s'agit d'enlever ou de rejeter au dehors des poussières, comme dans les tarares, dans les appareils à nettoyer les blés et les autres graines, dans les aiguiseries où l'on appelle au dehors la poussière des meules. Il en est souvent encore de même dans certaines usines où il peut y avoir des inconvénients à allumer des foyers d'appel.

Enfin en ce qui concerne les hôpitaux et les autres lieux que l'on veut à la fois chauffer et ventiler, le mouvement des appareils mécaniques étant, sauf de très-rares exceptions, toujours communiqué par une machine à vapeur, dont le charbon, et par conséquent la chaleur, est l'agent moteur, on peut dire en général que, dans tous les cas, la ventilation est produite par la chaleur seule.

Cette distinction étant établie, il y a lieu de se poser tout d'abord cette question dont la solution nous paraît évidente, abstraction faite de toute considération physique ou mécanique.

La chaleur étant l'agent qui produit la ventilation, convient-il d'utiliser son action directe sur l'air pour obtenir l'effet désiré? Ou faut-il employer, comme intermédiaires, des organes mécaniques ou des appareils plus ou moins compliqués?

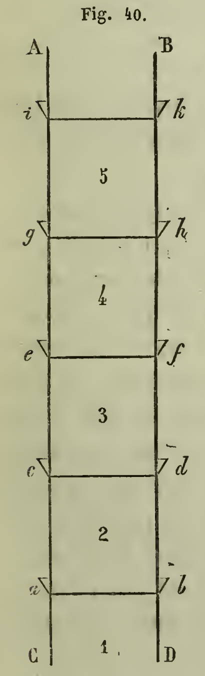
Il est clair que, s'il y a moyen d'atteindre le but proposé, de produire la ventilation demandée d'une manière régulière et complète, sans recourir à des appareils qui absorbent une portion plus ou moins grande, et souvent très-considérable, du travail moteur développé par la chaleur, la préférence ne saurait être douteuse et que dès lors le système où le mouvement de l'air est produit par l'aspiration que provoquent en certains points l'échauffement de cet air et la dilatation qui

en est la conséquence, doit être préféré à celui de l'insufflation, qui exige nécessairement des appareils mécaniques.

Mais est-il toujours et dans toutes les saisons, possible de produire une ventilation suffisante par le seul effet de l'aspiration directe due à la chaleur? C'est ce que nous apprendront bientôt les résultats nombreux et variés des expériences exécutées par plusieurs ingénieurs dans des établissements civils ou militaires.

228 *Effets généraux du mouvement de l'air dans des tuyaux.* — Avant d'aller plus loin, examinons directement quelques-unes des circonstances physiques qui se produisent dans l'aspiration et dans le refoulement de l'air, parce qu'elles pourront nous aider à comprendre certains résultats d'expérience en apparence assez singuliers.

Fig. 40.



Considérons un tuyau ABCD, que nous supposerons en tôle et formé de diverses parties assemblées en *ab*, *cd*, *ef*,... *ik*, et dans lequel l'air est aspiré du côté de son extrémité CD. Puisqu'il y a aspiration dans ce tuyau, il est clair que la pression est moindre à l'intérieur qu'à l'extérieur : par conséquent, par toutes les ouvertures que peuvent offrir les joints, il se fera des rentrées d'air plus ou moins grandes et le volume d'air qui passe dans la section qui suit un joint, dans celle n° 1 par exemple, se compose du volume qui est passé dans la section qui précède ce joint, augmenté du volume de l'air qui est passé par le joint, et comme la densité ne varie pas sensiblement dans la longueur du tuyau, il s'ensuit nécessairement que la vitesse va en s'accélérant depuis l'origine AB du tuyau jusqu'à son extrémité CD.

Donc aussi : 1° Tout corps, toute poussière qui aura été en-

traîné par l'air à l'origine du tuyau, ne s'y arrêtera pas et sortira par l'autre extrémité.

2° Dans la ventilation par aspiration, le mouvement s'accélère de proche en proche, quand il n'y a pas, dans les dimensions et dans les contours des passages, des causes qui s'y opposent.

3° L'air rentrant avec une certaine force vive, il en résultera un travail moteur qui viendra en déduction de celui qui a été employé à produire l'aspiration à l'origine CD du tuyau.

C'est par ce motif que presque tous les appareils destinés à enlever, à entraîner des poussières plus ou moins lourdes procèdent par aspiration et non par insufflation.

A l'inverse, voyons ce qui se passe dans un tuyau semblable au précédent, mais dans lequel l'air serait refoulé à son origine par un moyen mécanique quelconque.

Il est d'abord évident que vers l'origine du tuyau, puisque l'air extérieur qui a traversé la section AB y est refoulé, la pression de cet air est supérieure à celle qui a lieu autour de ce tuyau : donc au passage de cet air devant un joint, ou devant un orifice, pour peu que la disposition du passage soit favorable, une certaine quantité d'air s'échappera, et par conséquent le volume d'air qui passera au delà du joint dans le tuyau, sera inférieur à celui qui avait été refoulé en amont et au-dessus du joint, de tout le volume de l'air qui se sera échappé par ce joint : par conséquent aussi, la pression variant d'ailleurs assez peu dans le tuyau, excepté à une certaine distance de son extrémité, le volume d'air qui passera par chaque section et la vitesse dont il est animé iront sans cesse en diminuant.

Ces considérations directes ont été complétement vérifiées à l'occasion des expériences que j'ai fait exécuter sur divers ventilateurs en 1861, et qui ont été publiées dans les *Annales du Conservatoire des arts et métiers* (n° 6, septembre 1861).

Donc : 1° Si la vitesse à l'entrée du tuyau n'est qu'à peu

près suffisante pour entraîner les poussières que l'on veut enlever, il arrivera souvent qu'une partie de ces poussières se déposera dans le tuyau, en quantité d'autant plus grande qu'elles se rapprocheront davantage de son extrémité de sortie.

2° Dans la ventilation par insufflation, le mouvement se retarde de proche en proche, abstraction faite même des pertes de force vive que peuvent y occasionner les changements de section et de direction des conduites.

3° L'air sortant à l'extérieur par les joints, étant animé d'une certaine vitesse, emporte avec lui la force vive qui lui a été communiquée et dissipe ainsi en pure perte une partie du travail moteur dépensé.

Donc, en résumé, toutes choses égales d'ailleurs, la ventilation par appel doit dépenser moins de force motrice que la ventilation par insufflation, abstraction faite de la dépense de puissance motrice occasionnée par les appareils mécaniques que ce dernier système doit nécessairement employer.

Enfin, on sait qu'il n'est, pour ainsi dire, pas possible de faire des enveloppes qui conservent l'air ou les gaz comprimés et qui ne donnent pas lieu à des pertes considérables quoique insensibles en chaque point de leur surface. Les conduites ou les réservoirs métalliques, les maçonneries le mieux faites, cimentées et enduites avec le plus de soin, laissent échapper l'air et les gaz. Il suffit, pour le reconnaître, de jeter les yeux sur le sous-sol des villes éclairées au gaz, qui circule dans des tuyaux bitumés et bien jointoyés. Les compagnies d'éclairage au gaz savent ce que ces fuites leur occasionnent de pertes. Je pourrais citer l'exemple d'un réservoir d'air en maçonnerie hydraulique avec enduit de ciment, destiné à être placé entre une puissante machine soufflante et des hauts fourneaux, et que des ingénieurs habiles, grands partisans du système de l'insufflation, n'ont, d'après ce que

m'a dit l'un d'eux, jamais pu rendre étanche. On voit enfin tous les jours des ballons en caoutchouc remplis de gaz hydrogène carboné se désenfler en peu de temps et les exemples pourraient se multiplier à l'infini. Il y a donc plus d'une raison pour être convaincu de la difficulté d'éviter des pertes considérables d'air dans des conduites d'une grande étendue, où il est refoulé. Mais avant d'arriver à des faits analogues relatifs à la ventilation des lieux habités, il ne sera pas inutile, ni hors de propos, d'en citer un exemple authentique et bien remarquable, qui est décrit dans la Sidérotechnie d'Hassenfratz avec une naïveté qui prouve que ce physicien distingué était peu familiarisé avec les lois de la mécanique. Nous citons textuellement :

229. *Extrait de la Sidérotechnie d'Hassenfratz**. — « Une expérience extrêmement curieuse, faite par M. Wilkinson, a prouvé que l'air ne peut être transporté par des tuyaux qu'à une distance limitée, au delà de laquelle il est impossible de le faire parvenir, quelle que soit la compression que l'on exerce sur lui**.

« Ce célèbre maître de forges avait imaginé de fournir le vent à un haut fourneau en se servant de l'eau d'un ruisseau qui en était éloigné de 5000 pieds (soit 1525^m). Dans ce dessein, il fit construire une grande roue à chute supérieure ; il établit une machine soufflante dont les pistons étaient mus par cette roue ; enfin il plaça une suite de tuyaux de conduite, disposés en ligne droite, pour porter l'eau de la machine au haut fourneau : ces tuyaux étaient en fonte de fer et leur diamètre intérieur était de 12 pouces (soit $0^m,325$).

« Quand toutes ces constructions furent achevées et qu'on eut mis la première fois l'eau sur la roue, ce fut un grand sujet de surprise pour tous les assistants de voir que l'air

* Page 103, 2e vol.

** Cette conclusion absolue ne saurait être exacte. L'auteur aurait dû dire : avec une machine d'une force donnée et au moyen de tuyaux de conduite d'un diamètre donné.

comprimé s'échappait avec vitesse *par toutes les plus petites ouvertures* et avec une force extrême par la soupape de sûreté, tandis que près du fourneau, une lumière exposée à l'autre extrémité des tuyaux de conduite, n'indiquait pas le plus petit mouvement dans l'air. On boucha alors avec soin toutes les jointures, on chargea peu à peu la soupape de sûreté, jusqu'à ce que l'air comprimé ne pût la soulever; et la roue, malgré une grande affluence d'eau, ralentit elle-même son mouvement et finit par s'arrêter tout à fait. Quoique l'air fût ainsi comprimé à un tel degré que sa force élastique fit équilibre à toute la puissance motrice, on n'aperçut pas le plus léger souffle à l'extrémité des tuyaux de conduite. L'idée la plus naturelle qui se présenta fût que les tuyaux étaient obstrués en quelque endroit, et, pour s'en assurer, on mit un chat à l'embouchure des tuyaux, près de la machine, et on lui ferma l'issue par cette extrémité : peu de temps après cet animal sortit, sain et sauf, par l'autre bout, d'où l'on avait enlevé la buse et il avait ainsi parcouru, sans aucun obstacle, toute la longueur des tuyaux de conduite. On soupçonna dès lors, pour la première fois, que la longueur du tuyau pouvait bien être la cause, jusqu'ici inconnue, de ce phénomène singulier, et, pour s'en convaincre, M. Wilkinson fit percer des trous de 30 pieds en 30 pieds dans le tuyau de conduite, en commençant par l'extrémité la plus éloignée. Quand on vint à percer le tuyau à la distance de 600 pieds de la machine, un léger courant d'air se fit sentir et il augmenta successivement, à mesure que les trous étaient plus rapprochés, etc. »

Sans tirer de cette observation dernière des conclusions aussi absolues que celles de l'auteur, j'ai cru devoir la citer, pour montrer que le mouvement de l'air dans des tuyaux d'une grande longueur peut donner lieu à des pertes de pression, à des fuites difficiles à constater, qui diminuent considérablement le débit sur lequel on croirait pouvoir compter, d'après des observations faites avec des anémomètres ou d'autres appareils à l'origine des conduites.

230. *Examen des résultats d'expériences.* — Après ces préliminaires, un peu longs sans doute, mais qui m'ont paru nécessaires, passons à l'examen et à la discussion des résultats des expériences faites par divers observateurs et de celles qui ont été plus récemment exécutées par mes soins. Quelque plausibles, quelque fondés que soient les raisonnements dans l'étude des questions de physique mécanique, on ne saurait trop en effet s'attacher à consulter l'expérience, car elle seule donne la mesure des résultats obtenus, qui sont souvent loin de répondre aux idées que le raisonnement avait fait concevoir.

Ventilation par insufflation. — Hospice Lariboisière.

231. *Description des appareils.* — Les trois pavillons de cet hôpital, qui sont destinés aux hommes, sont chauffés par la vapeur qui circule dans des conduits ménagés dans l'épaisseur des planchers et dans des poêles contenant une certaine quantité d'eau. Des tuyaux verticaux ouverts par les deux extrémités traversent ces poêles et établissent entre le conduit d'arrivée d'air, passant sous le plancher dans l'axe et l'intérieur des salles, une communication qui permet à cet air de s'échauffer avant d'y pénétrer. Ce système constitue le chauffage mixte par la vapeur et par l'eau, proposé par M. Grouvelle et appliqué par lui dans divers établissements.

La vapeur employée à ce chauffage est fournie en partie par l'échappement de la machine motrice qui conduit le ventilateur dont il sera parlé plus loin, et en partie par les chaudières AA (pl. IV) établies pour le service des machines et de la buanderie de l'hôpital. Quoique cette vapeur soit produite dans les chaudières et agisse dans la machine à la pression de cinq atmosphères environ, elle n'arrive dans les poêles des salles qu'à une pression beaucoup plus faible, de sorte que, sous ce rapport, il n'y a pas d'accidents à craindre; mais il n'en est pas de même de l'effet des condensations, qui, le matin, lors de la remise en activité du chauf-

fage, produit un bruit inquiétant pour les malades et peut donner lieu à des accidents. Par une cause peu connue encore plusieurs de ces poêles ont éclaté à diverses époques.

Le principal tuyau de vapeur (pl. IV et V) parcourt toute la longueur de la galerie souterraine, qui règne devant les pavillons, sous les promenoirs, et fournit par des branchements la vapeur aux diverses parties de l'établissement, qui doivent être chauffées par ce moyen. Les tuyaux de retour d'eau ramènent par la même voie le liquide condensé à des réservoirs placés près des chaudières (V. pl. III).

Deux machines à vapeur et deux ventilateurs sont établis en D, D (pl. III), et sont destinés à fonctionner isolément en temps ordinaire, ou simultanément en temps d'épidémie. La chambre où sont contenues ces machines doit être habituellement fermée, et l'air appelé par le ventilateur y descend par une cheminée G, établie dans l'un des angles de la tour du clocher de la chapelle.

Le ventilateur refoule cet air dans un grand tuyau en tôle F (pl. V) ayant $1^{m}.143$ de diamètre intérieur ou environ, 1 mètre carré de section à son origine et qui est suspendu à la voûte de la grande galerie souterraine. Sur ce tuyau, qu'on nomme l'artère principale de ventilation, s'embranchent perpendiculairement trois grands conduits F'F'F' (pl. IV) qui s'étendent sur toute la longueur des trois pavillons auxquels ils sont destinés à distribuer l'air nouveau.

Outre ces branchements il y en a trois autres F''F''F'' qui conduisent l'air dans les réfectoires du rez-de-chaussée.

Dans les caves et sur chacun des branchements F' s'élèvent quatre tuyaux verticaux *ccc* destinés à fournir l'air aux salles du rez-de-chaussée, et vers chaque extrémité de ces caves les mêmes branchements F' se bifurquent en deux autres DD, qui dirigent l'air dans des conduits en maçonnerie EE établis dans l'épaisseur des murs de refend et qui doivent le mener aux étages supérieurs.

Au premier et au deuxième étage (Pl. IV) deux de ces cheminées, vers chaque extrémité, débouchent dans des

carneaux horizontaux HH, ménagés dans l'épaisseur du plancher, et chacun de ces quatre carneaux doit alimenter d'air l'un des quatre poêles PP de la salle, en le versant dans un carneau central II, établi dans l'axe de la salle. Les dispositions indiquées planche IV montrent que chaque poêle a ainsi son alimentation particulière.

Le carneau principal II, qui règne dans toute l'étendue des salles, est recouvert de plaques en fonte jointives et reçoit dans son intérieur le tuyau d'arrivée de vapeur et celui de retour d'eau, de sorte que l'air avant d'arriver aux poêles PP est déjà un peu échauffé.

Pour régulariser la distribution de l'air entre tous ces branchements généraux ou partiels, chacun d'eux porte vers son origine un registre ou papillon que l'on ouvre au degré convenable, ce qui, à chaque passage, donne lieu à un étranglement de la veine fluide et par conséquent à une perte de force vive.

Des dispositions analogues et qu'il est inutile de décrire, assurent la répartition de l'air dans les dépendances de chaque salle.

Pour l'évacuation de l'air vicié, des conduits verticaux isolés, de $0^m,20$ sur $0^m,20$ (Pl. IV et V), sont ménagés dans l'épaisseur des trumeaux des murs de face, au nombre d'un pour deux lits et pour chaque étage; de sorte que les trumeaux du deuxième étage sont traversés par trois de ces conduits. Dans les combles, le long de chaque mur de face et dans l'angle des longs pans de la toiture, sont établis deux conduits collecteurs horizontaux, dans lesquels débouchent tous les conduits verticaux d'évacuation et qui dirigent l'air vicié vers deux autres conduits, inclinés selon la pente du toit, placés au milieu de la longueur du pavillon lesquels amènent cet air à la base d'une cheminée en tôle de $2^m,30$ de hauteur, sans garniture intérieure ou extérieure en maçonnerie qui la mette à l'abri du refroidissement.

Cette disposition, qui n'isole pas assez les uns des autres les conduits d'évacuation des différents trumeaux, a de plus

l'inconvénient de permettre le refroidissement des conduits horizontaux placés sous les longs pans, d'en rendre la visite difficile, et surtout celui de donner lieu l'hiver à un refroidissement considérable de l'air évacué, comme on le verra par les observations que nous ferons connaître plus loin.

Telle est, dans son ensemble général, la disposition donnée aux appareils de chauffage par la vapeur et par l'eau et de ventilation par insufflation, établis à l'hôpital Lariboisière par MM. Thomas et Laurens.

232. *Résultats des expériences faites sur la ventilation par insufflation à l'hôpital Lariboisière.* — Des expériences nombreuses ont été exécutées dans ces dernières années par plusieurs observateurs, et une partie de ces travaux a été publiée; une autre, inédite, m'a été communiquée comme document propre à éclairer une commission dont j'étais le rapporteur. Plus tard j'ai fait exécuter moi-même d'autres expériences dont j'ai publié en partie les résultats dans les *Annales du Conservatoire* *. C'est cet ensemble d'observations que je me propose d'analyser et de discuter ici, en examinant les principales questions qui peuvent se présenter dans l'ordre naturel qu'indique la marche de l'air depuis son entrée jusqu'à son évacuation.

233. *Quantité d'air nouveau fournie par la cheminée d'appel.* — La première question qui se présente est celle de la quantité d'air fournie par la grande cheminée d'appel établie dans le clocher.

Lors de l'établissement des appareils de chauffage de ventilation par insufflation à l'hôpital Lariboisière, on a beaucoup insisté sur les avantages qu'il y aurait, tant sous le rapport de la salubrité de l'air en tout temps que sous celui de sa fraîcheur relative en été, à le prendre à une grande hauteur dans l'atmosphère, et à cet effet on a établi dans le

* Avril 1861.

clocher central de l'hôpital une grande cheminée d'appel de 25 mètres environ de hauteur. Cette disposition était déjà depuis plusieurs années en usage à Londres pour amener de l'air par aspiration dans les salles du parlement; elle a été plus récemment employée à l'hôpital de Guy de la même ville, et depuis bien des années la ventilation des mines se fait d'une manière analogue par l'appel que des puits d'évacuation, où l'on établit un foyer, exercent sur un puits d'alimentation.

Quoi qu'il en soit, l'air appelé par les ventilateurs devait, dans cet ordre d'idées, être exclusivement fourni par la cheminée d'appel; mais comme la chambre des machines où ces appareils sont installés a deux portes souvent ouvertes, dont l'une, n° 1, conduit aux pompes et aux chaudières, et l'autre, n° 2, dite porte de la communauté, établit une communication directe avec la grande galerie souterraine de ceinture, il en résulte des entrées d'air venant de ces espaces dans la chambre des ventilateurs, ce qui diminue la proportion de l'air venu des parties supérieures de l'atmosphère, outre qu'à certaines époques de l'année le contact des machines et le voisinage des chaudières échauffent notablement cet air avant son introduction dans les conduits.

Il était donc convenable de déterminer l'effet de ces circonstances locales. C'est dans ce but que M. Grassi d'une part, et M. E. Trélat de l'autre, et plus tard MM. Leblanc et Ser, ont entrepris des expériences dont les résultats peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

234. *Expériences de M. Grassi.* — 1° Toutes les portes et les fenêtres de la chambre aux machines étant fermées, le volume de l'air * qui passe par le tuyau porte-vent, ou artère principale, étant représenté par 1,00, celui qui arrive par la

---

* *Annales d'hygiène*, tome VI, page 221, ou Thèse de M. Grassé, page 65.

cheminée d'appel est 0,562, celui qui arrive par les ouvertures accidentelles ou venant des caves est 0,438;

2° La porte n° 1 étant seule ouverte, le volume qui passe par la cheminée n'est plus que 0,229, et celui qui vient des caves est 0,771 du volume total.

Dans ces expériences, on n'a fait marcher qu'une machine et un ventilateur.

L'auteur en conclut « qu'elles démontrent que tout l'air qui circule dans le tuyau porte-vent, et qui est envoyé aux salles, n'est pas pris intégralement à la partie supérieure du clocher, et que près de la moitié est puisée directement dans les caves, en se plaçant dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire quand toutes les portes sont fermées. »

Outre que cet air pris dans les caves, dans le voisinage des chaudières, n'est pas aussi pur qu'on pourrait le désirer, l'auteur signale avec raison « l'effet du courant d'air rapide qui se produit vers les ventilateurs et qui entraîne avec lui une poussière fine qui est transportée à une grande distance et dont on retrouve la trace dans le promenoir qui précède le premier pavillon. »

255. *Expériences de MM. Trélat et H. Péligot.* — Par des expériences analogues, ces ingénieurs ont trouvé des résultats qui les ont conduits aux conséquences suivantes :

1° Toutes les portes et les fenêtres étant fermées, l'air qui arrive par la cheminée est les 0,63 de celui qui est envoyé par le ventilateur dans le conduit principal; l'air fourni par les ouvertures accidentelles en est les 0,37.

2° La porte des chaudières n° 1 étant ouverte, l'air qui arrive par la cheminée est les........................ 0,34

L'air qui est fourni par les ouvertures accidentelles est les.. 0,66

du tout.. 1,00

3° La porte de la communauté n° 2 étant ouverte, l'air qui arrive par la cheminée est les.................... 0,43
l'air fourni par les ouvertures accidentelles est les.... 0,57

du tout.. 1,00

4° Les deux portes étant ouvertes, l'air qui arrive par la cheminée est les.......................... ... 0,245
et celui qui afflue par les ouvertures accidentelles est les.. 0,755
du volume affluent total.

256. *Expériences exécutées en* 1861 *par les délégués de la commission instituée par M. le préfet de la Seine pour l'examen des divers systèmes de chauffage et de ventilation employés dans les hôpitaux.* — La commission instituée à la date du 22 février 1861 par M. le préfet de la Seine, dans sa première réunion, en mars de la même année, avait chargé deux de ses membres, MM. Leblanc, répétiteur à l'École polytechnique, et Ser, ingénieur civil, chef du service des machines de l'assistance publique, de faire sur les appareils de chauffage et de ventilation établis dans les hôpitaux Necker, Beaujon et Lariboisière des expériences nouvelles pour en comparer les résultats avec ceux des observations antérieurement exécutées.

Les résultats de ces expériences m'ayant été communiqués, je les résumerai, et je chercherai à en mettre les conséquences en évidence en parlant de chacun des systèmes étudiés.

257. *Hôpital Lariboisière. — Introduction de l'air nouveau par insufflation.* — MM. Leblanc et Ser ont répété les expériences précédentes et obtenu les résultats suivants :

Volumes d'air appelés par la cheminée du clocher ramenés à zéro.

31 mars..........	17 442$^{m.c}$ par heure.
18 avril............	17 074
20 avril............	16 920
2 décembre........	19 929

	Volumes d'air passant par le grand tuyau porte vent.		Tour de la machine en 1'.
28 mars....	23 019$^{m.c}$ par heure.		55
31 mars. ...	21 905		60
2 avril. ...	24 147		69
20 avril....	22 143		59
26 avril. ...	20 653		55
4 mai.....	21 771		60
Moyenne....	22 273$^{m.c}$ en 1 heure.	Moyenne	60

Les trois pavillons étant destinés à contenir 306 lits, le volume d'air envoyé dans le grand tuyau porte-vent à la vitesse moyenne de la machine, qui est sa vitesse normale de marche, est de 72$^{m.c}$,78, tandis que l'on verra qu'à la vitesse moyenne de 59 tours en une minute de la machine le volume d'air introduit dans les salles par les poêles, n'a été, d'après les mêmes observateurs, que de 40$^{m.c}$,53 par heure et par lit; résultat qui indique, comme ceux de tous les autres observateurs, que la moitié seulement de l'air refoulé par le ventilateur parvient par les poêles dans les salles.

Je reproduis dans le tableau suivant l'ensemble des résultats obtenus par divers observateurs pour montrer leur concordance générale.

NOMS des EXPÉRIMENTATEURS	DATES	VOLUME D'AIR				NOMBRE de tours de la machine.
		appelé par la cheminée du clocher en 1 heure	passant par le tuyau portevent en 1 heure	fourni par les caves en 1 heure	passant par les branchements en 1 heure	
		m. c.	m.c.	m.c.	m.c.	
Trélat...	1856 4 avril	16970	27138	10168	26173	73
	id.	21256	35812	14555	»	80
	16 juillet.	26977	42055	15078	»	84
Thomas.	Octobre 56.	»	26800	»	»	65
		»	30800	»	30648	70
		»	31900	»	»	74
Leblanc et Ser.	1861 31 mars	17442	21905	4463		60
	18 avril	17074	»			76
	20 avril	16920	»			63
	26 avril	»	20653		21155	55
	3 septembre	19929	31474	11545	29525	70,5
	4 mai		21771		22912	60

Tous ces résultats sont sensiblement d'accord entre eux, et comme ils sont nécessairement influencés par l'action des températures intérieure et extérieure, qui n'ont pas toujours été observées, nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Nous ferons seulement remarquer que dans les expériences de MM. Leblanc et Ser le volume d'air venant des caves dans le conduit principal du ventilateur était

Le 31 mars 1861, égal à 4463$^{m.c}$ ou 0,25

Le 3 décembre 1861, égal à 11 545 ou 0,58

du volume venu de la cheminée.

Ce qui montre, comme les autres expériences, que, par suite des dispositions adoptées, l'air appelé par la cheminée du clocher n'arrive dans les salles qu'après s'être mêlé avec une proportion considérable d'air pris dans les caves.

238. *Conséquences des expériences précédentes.*—En présence de tous ces résultats, qui d'ailleurs peuvent être influencés en plus ou en moins par les différences des températures, et en remarquant que la disposition adoptée a toujours pour inconvénient de faire arriver dans les salles une proportion considérable, variant de 0,40 à 0,70 d'air, pris dans les caves, près des chaudières et des machines, souvent peu salubre et de mauvaise odeur, chargé parfois de poussière, on peut se demander si les avantages attribués à ce dispositif dispendieux et d'une application souvent difficile ne sont pas plus que compensés, et s'il n'est pas tout simplement préférable de prendre, quand le système de ventilation adopté le permet, l'air à hauteur de chaque étage ou tout au plus à quelques mètres du sol.

On a vu d'ailleurs, au n° **82**, que, contrairement aux assertions par lesquelles on prétendait introduire, l'été, dans les pavillons ventilés, de l'air plus frais que celui qui aurait été pris à hauteur des différents étages, l'air fourni par cette cheminée est en réalité plus chaud, et l'expérience directe a en outre fait voir que l'air introduit dans les salles s'échauffait encore par son passage dans la chambre des machines, de sorte qu'il arrivait dans les chambres à 24° quand l'air extérieur n'était qu'à 22°.

Enfin il n'est pas inutile de faire remarquer que, dans le système de l'alimentation d'air par aspiration, on peut, comme on l'a fait avec raison à Londres pour l'hôpital de Guy, employer de semblables conduits d'appel, et qu'alors ces conduits débouchant directement dans des chambres à air inférieures, qui peuvent être parfaitement et constamment closes, tous les inconvénients inhérents à l'emploi des machines ne se présenteraient pas.

239. *Volume d'air total refoulé dans l'artère principale près du ventilateur.* — L'air aspiré et expulsé par le ventilateur entre d'abord, comme on l'a dit, dans un grand tuyau d'un mètre quarré de section, appelé artère principale, qui le dis-

tribue à d'autres tuyaux ou branchements placés dans les caves au-dessous de chaque pavillon.

Dans les expériences de M. Grassi *, le volume d'air refoulé dans l'artère principale s'est élevé à la vitesse de 88 tours de la machine à 37 401$^{m.c}$ par heure, répartis ainsi qu'il suit :

Premier branchement........................	13 387$^{m.c}$
Deuxième branchement.......................	12 949
Troisième branchement......................	8 996
	35 332$^{m.c}$
Perte......................................	2 069$^{m.c}$,

que M. Grassi attribue, par simple différence, à la ventilation du promenoir, ce qu'il eût été utile de vérifier au moins approximativement.

Les résultats précédents montrent que, dans une semblable distribution de l'air fourni par l'appareil mécanique, les volumes réellement répartis entre les trois branchements ou les trois pavillons vont en décroissant à mesure que la distance augmente; ce qui est d'ailleurs la conséquence naturelle de cette augmentation. L'auteur des expériences et les ingénieurs font remarquer qu'au moyen de registres convenablement manœuvrés l'on peut parvenir à une répartition plus égale.

Cela est vrai ; mais l'emploi de ces registres régulateurs, précisément parce qu'ils restreignent certains passages, occasionne des pertes de force vive ou de travail, des pertes d'air par leurs ouvertures, et d'une autre part l'accroissement du volume d'air porté à de plus grandes distances exige aussi un surcroît de travail moteur.

240. *Travail utile du ventilateur.* — Quoiqu'il en soit de la répartition de l'air ainsi fourni par le ventilateur, le travail utile de cet appareil correspondant au volume maximum de

---

* *Annales d'hygiène*, tome VIII, page 224.

37401$^{m.c}$, et à la vitesse moyenne de 10^{m},39 en 1″ dans le tuyau dont la section est de 1$^{m.q}$,00, a pour valeur

$$\frac{1}{2}\frac{37401^{m.c}}{3600}\times\frac{1^{kil},30}{9,81}\times\overline{10,39}^2=74^{km},27;$$

soit un cheval vapeur.

Ainsi l'effet utile de la machine à vapeur susceptible de produire une force de 15 chevaux, et qui en donne au moins 8 ou 10 à la vitesse de 88 coups en 1′, se réduit à un cheval vapeur.

Dans une expérience de M. Trélat, le volume d'air fourni par le ventilateur à l'artère principale n'a été trouvé que de 27 138$^{m.c}$, ce qui conduit à un effet utile exprimé par

$$\frac{1}{2}\frac{27\,138^{m.c}}{3600}\times\frac{1^{kil},30}{9,81}\times\overline{7,54}^2=28^{km},42,$$

c'est-à-dire environ un tiers de cheval.

Enfin des expériences analogues, qui m'ont été communiquées par M. Thomas, indiquent comme quantité d'air totale fournie à l'artère principale, quand la machine faisait 83 tours en 1′, le volume de 29 733$^{m.c}$, animé d'une vitesse de 8^{m},26 en 1″. L'effet utile de la machine motrice a donc dans ce cas pour expression :

$$\frac{1}{2}\frac{29\,733^{m.c}}{3600}\times\frac{1^{kil},30}{8,81}\times\overline{8,26}^2=37^{km},32=0^{chev},496,$$

tandis que la force transmise par la machine à l'arbre du ventilateur, mesurée avec un dynamomètre de rotation, a été trouvée par le même observateur égale à 7,6 chevaux pour 88 tours en 1′, ce qui revient à peu près à 7,17 chevaux pour la vitesse de 83 tours. Par conséquent, dans cette expérience, l'effet du ventilateur n'était que $\frac{0,496}{7,17}=0,069$ du travail moteur.

De l'ensemble de ces expériences on est donc amené à

conclure que, comme organe mécanique, le ventilateur insufflant employé est une machine très-désavantageuse et qui n'utilise qu'une très-faible partie de la force motrice nécessaire pour le faire marcher. C'est d'ailleurs ce que des expériences directes, faites au Conservatoire des Arts-et-Métiers, ont aussi montré pour d'autres ventilateurs *. On verra plus loin qu'une grande partie de l'effet utile de cet appareil étant encore perdue, le résultat final que l'on en obtient est loin d'être en proportion avec la dépense qu'il occasionne.

241. *Volume d'air qui afflue dans chaque salle d'un même pavillon.* — Cette partie de la question étant l'une des plus importantes à examiner, nous aurons recours aux expériences directes faites par divers observateurs complétement indépendants les uns des autres : M. Grassi, M. E. Trélat, M. Thomas, l'un des auteurs du système, et MM. Leblanc et Ser, pour une commission nommée par M. le préfet de la Seine.

Sans entrer dans les détails de ces expériences, nous nous bornerons à en considérer les résultats généraux.

---

* *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, 1861.

242. RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES FAITES SUR LA DISTRIBUTION DE L'AIR DANS LES SALLES DES TROIS PAVILLONS DE L'HOPITAL LA RIBOISIÈRE VENTILÉS PAR INSUFFLATION.

DESIGNATION des PAVILLONS ET DES SALLES.	VOLUME D'AIR PASSANT PAR HEURE PAR LES POÊLES, la machine marchant à 88 tours, d'après les expériences de								
	M. GRASSI.			M. TRELAT.			M. THOMAS.		
	VOLUME D'AIR.	TEMPÉRATURE. des salles.	TEMPÉRATURE. de l'air des poêles	VOLUME D'AIR.	TEMPÉRATURE. des salles.	TEMPÉRATURE. de l'air des poêles	VOLUME D'AIR.	TEMPÉRATURE. des salles.	TEMPÉRATURE. de l'air des poêles
1er *Pavillon*, n° 2.	mc	0	0	mc	0	0	mc	0	0
Salle St-Augustin, rez-de-ch.	3175	19 0	»	»	»	»	3176	»	»
Salle St-Landry, 1er étage....	2330	19 0	»	»	»	»	2460	»	»
Salle St-Vincent-de-Paul, 2e étage..................	2388	17 6	»	»	»	»	2332	»	»
Volume d'air total......	7893	»	»	»	»	»	7968	»	»
Volume d'air fourni par le ventilateur................	13476	»	»	6477	»	»	12170	»	»
Perte ou différence..........	5583	»	»	»	»	»	4202	»	»
Rapport de la perte au volume total fourni par le ventilateur	0,422	»	»	»	»	»	0,345	»	»
2e *Pavillon*, n° 4.									
Salle St-Louis, rez-de-chauss.	1613	17 0	34 0	2 107	»	»	3175	»	»
Salle St-Jérôme, 1er étage....	2341	17 0	29 5	2 524	»	»	2778	»	»
Salle St-Charles, 2e étage....	1916	17 0	32 5	2 176	»	»	2385	»	»
Volume d'air total......	5870	»	»	6 807	»	»	7988	»	»
Volume d'air fourni par le ventilateur................	12947	»	»	9 527	»	»	11613	»	»
Perte ou différence..........	7079	»	»	2 720	»	»	3625	»	»
Rapport de la perte au volume total fourni par le ventilateur	0,547	»	»	0 285	»	»	0,312	»	»
3e *Pavillon*, n° 6.									
Salle St-Napoléon, rez-de-chaussée..................	1762	19 5	41 0	»	»	»	3218	»	»
Salle St-Honoré, 1er étage....	2286	17 9	26 0	»	»	»	2575	»	»
Salle St-Henri, 2e étage.....	2253	18 0	25 0	»	»	»	2869	»	»
Volume d'air total......	6301	»	»	»	»	»	8662	»	»
Volume d'air fourni par le ventilateur................	8986	»	»	10 169	»	»	11066	»	»
Perte ou différence..........	2695	»	»	»	»	»	2404	»	»
Rapport de la perte au volume total fourni par le ventilateur	0,300	»	»	»	»	»	0,217	»	»

NOTA. M. Grassi avait fait boucher les bouches du poêle de la chambre à deux lits.
M. Trélat a tenu compte du volume d'air passant par le poêle de la chambre à deux lits.

Les résultats consignés dans le tableau précédent, et qui sont dus à trois expérimentateurs opérant isolément, présentent, quant aux volumes d'air totaux, des différences qui tiennent à ce qu'ils n'ont pas fait leurs observations dans des circonstances identiques, mais ils sont tous d'accord pour montrer que le volume d'air qui passe par les poêles est de beaucoup inférieur à celui qui est insufflé dans chaque branchement.

Au lieu d'attribuer cet effet aux pertes qui peuvent se produire par les joints des tuyaux, par les maçonneries, etc., l'on a admis, comme incontestable, que tout ou presque tout l'air introduit dans l'artère principale et dans les branchements devait nécessairement arriver dans les salles, et que par conséquent tout ce qui ne passait pas à travers les poêles devait entrer dans ces salles par ce qu'on a nommé *ouvertures accidentelles;* et, pour qu'il ne reste pas de doute sur le sens que l'on a attaché à ces mots, nous devons citer textuellement la définition qu'en donne l'un des expérimentateurs, M. Grassi * :

« Par ouvertures accessoires, il faut entendre les joints des plaques de fonte placées sur le conduit longitudinal, et les ouvertures destinées à passer les clefs qui permettent d'ouvrir et de fermer les robinets placés sur les conduits qui amènent la vapeur d'eau aux poêles. »

Cette explication de la différence observée entre le volume d'air passant par les poêles et celui qui avait été refoulé dans les conduites nous a, dès l'abord, paru bien difficile à admettre, et, pour nous assurer de la vérité, nous avons visité à deux reprises plusieurs salles de ces pavillons, d'abord avec M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire impérial des arts et métiers, et plus tard avec M. E. Trélat, professeur de constructions civiles au même établissement, et avec M. Henri Péligot. Nous avons examiné avec soin, dans toute leur étendue, les joints que présentent les plaques de fonte

---

* *Annales d'hygiène.*

recouvrant le caniveau central des salles. Nulle part il ne nous a été possible d'apercevoir la moindre introduction de vent sensible à la main, et encore moins à un anémomètre tournant sous l'action d'un courant animé d'une vitesse de $0^{m},10$ à $0^{m},12$ par seconde. Il est dès lors devenu complétement évident pour nous que cette entrée d'air par les joints des plaques était inadmissible.

Cependant, pour nous rendre compte par un calcul direct, exempt de toute appréciation, de ce qui était réellement possible, nous nous sommes proposé le problème très-simple de rechercher quelle devrait être la largeur moyenne, libre pour le passage de l'air, que ces joints devraient offrir pour permettre l'introduction des volumes d'air qui constituent la différence observée.

A cet effet, admettant que l'air passât par ces joints avec une vitesse moyenne de $0^{m},10$ en $1''$, qui certainement eût été sensible à la main, et même à l'anémomètre; sachant que les salles ont intérieurement environ 40 mètres de longueur, ce qui fournit 80 mètres de développement de joints par salle, et 240 mètres pour les trois salles d'un même pavillon; puis, faisant le produit de ces deux quantités et de la largeur inconnue ou nécessaire du joint, nous avons égalé le produit au volume d'air donné, ce qui nous a conduit aux résultats suivants.

Expérience de M. Grassi. — *Pavillon n°* 2. — Volume d'air perdu, par heure, $5583^{m.c}$, ou par seconde, $1^{m.c},55$; d'où la relation :

$$240^{m} \times 0^{m},10 \times x = 1^{m.c},55 ; \quad \text{d'où } x = 0^{m},064.$$

Pavillon n° 4. — Volume d'air perdu, par heure, $7079^{m.c}$, ou par seconde, $1^{m.c},97$; d'où la relation :

$$240^{m} \times 0^{m},10 \times x = 1^{m.c},97 ; \quad \text{d'où } x = 0^{m},082.$$

Pavillon n° 6. — Volume d'air perdu, par heure, $2695^{m.c}$, ou par seconde, $0^{m.c},75$; d'où la relation :

$$240^{m} \times 0^{m},10 \times x = 0^{m.c},75 ; \quad \text{d'où } x = 0^{m},031.$$

Expérience de M. Trélat. — Pavillon n° 4. — Volume d'air perdu, par heure, $2720^{m \cdot c}$, ou par seconde, $0^{m \cdot c},75$; d'où la relation :

$$240^{m} \times 0^{m},10 \times x = 0^{m \cdot c},75 ; \quad \text{d'où } x = 0^{m \cdot c},031.$$

Tous ces résultats sont donc d'accord avec l'observation directe pour prouver que les joints de ces plaques, fixées à vis sur les bords du conduit d'arrivée de l'air, lesquels sont incessamment remplis par la poussière et même par la cire du frottage, ne peuvent laisser passer des volumes d'air aussi considérables. Il faut donc, de toute nécessité, se résoudre à admettre que les seuls volumes d'air introduits par les conduits dans les salles sont à très-peu près ceux qui passent par les poêles et que fournissent les expériences, et à reconnaître que le reste s'échappe par des ouvertures inconnues.

Cette conséquence n'a d'ailleurs rien qui doive surprendre, d'après les exemples de faits analogues que nous avons cités précédemment et les considérations que nous avons exposées ; mais il était important de la mettre en évidence et hors de doute, parce que l'hypothèse de l'admission d'une quantité considérable d'air par ces orifices accessoires ou accidentels a conduit à estimer beaucoup au delà de leur valeur réelle les effets de la ventilation par insufflation, et qu'il est nécessaire de rectifier les opinions qui ont pu se former en conséquence de ces appréciations erronées. On verra d'ailleurs les mêmes faits et les mêmes conclusions se reproduire, quand nous parlerons de l'appareil d'insufflation employé par M. Van Hecke.

Ajoutons enfin que ces mêmes appareils ont fourni une autre preuve qu'il ne suffit pas de faire marcher rapidement un ventilateur insufflant pour obtenir dans la conduite, où il refoule l'air, un volume de fluide correspondant à sa vitesse et à la force motrice que l'on dépense. Lorsqu'on a voulu expérimenter directement l'effet que l'on pouvait se promettre de l'action simultanée des deux ventilateurs de l'hôpital Lariboisière, la pression de l'air à l'origine de la conduite prin-

cipale n'a pu dépasser la limite de 24 à 25 millimètres d'eau, et le volume d'air refoulé n'a pas été accru en raison de la puissance dépensée.

Si donc l'on ne peut admettre que tout le volume de l'air, dont l'introduction dans les divers branchements a été constatée, soit, comme on l'a supposé jusqu'ici, parvenu dans les salles, et si l'on est amené à ne compter en réalité que sur celui qui passe par les poêles, il ne s'ensuit pas cependant que la ventilation soit insuffisante quant à l'introduction de l'air nouveau, ou au moins inférieure à ce qui avait été exigé par les marchés. En effet, les expériences déjà citées nous donnent, pour les volumes d'air introduits dans les salles par les poêles, les chiffres inscrits dans le tableau précédent.

243. *Différences entre les volumes d'air fournis par les poêles d'une même salle.* — Outre les différences observées dans les volumes d'air fournis par les poêles des différentes salles, et que l'on peut parvenir à atténuer, les mêmes observateurs en ont constaté d'autres sur le débit des poêles d'une même salle *. Généralement le premier et le dernier poêle de chaque salle fournissent plus d'air que les deux poêles intermédiaires dans une proportion qui dépasse souvent celle du double; et comme l'appel à la sortie se fait presque directement vis-à-vis des poêles, sur les faces longitudinales du bâtiment, il s'ensuit que l'air affluent n'est pas également réparti dans la longueur des salles.

244. *Expériences de MM. Trélat et Peligot et de M. Thomas.* — MM. Trélat et Peligot ont constaté des différences très-considérables, le 5 avril 1856, entre le débit des différents poêles des trois salles du pavillon n° 4. Voici les chiffres qu'ils ont observés :

VOLUMES D'AIR INTRODUITS PAR LES DIFFÉRENTS POÊLES D'UNE MÊME SALLE.

DATE des EXPÉRIENCES	NUMÉROS D'ORDRE du poêle à PARTIR DE LA PORTE D'ENTRÉE	REZ-DE-CHAUSSÉE	1er ÉTAGE	2e ÉTAGE
		m.c.	m.c.	m.c.
5 avril 1855	nos 1	700	819	793
	2	396	523	298
	3	502	499	285
	4	385	507	636

M. Thomas m'a communiqué des résultats analogues observés, en octobre 1856, sur les trois pavillons du même hôpital; je crois pouvoir les reproduire ici.

EXPÉRIENCES DE M. THOMAS SUR L'INTRODUCTION DE L'AIR PAR LES POÊLES DES PAVILLONS DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE VENTILÉS PAR INSUFFLATION A LA VITESSE DE 76 TOURS DE LA MACHINE.

DATES ET Nos D'ORDRE des poêles.	PAVILLON N° 2.			PAVILLON N° 4.			PAVILLON N° 6.		
	rez-de-chaussée.	1er étage.	2e étage.	rez-de-chaussée.	1er étage.	2e étage.	rez-de-chaussée.	1er étage.	2e étage.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
1..............	547	651	570	768	827	690	728	680	781
2..............	491	372	380	612	559	332	698	430	460
3..............	695	380	397	568	534	336	630	405	465
4..............	1007	725	668	570	477	702	723	708	771
	2740	2128	2015	2518	2397	2060	2779	2223	2477
Moyenne par lit.....	85,6	66,5	63,1	78,7	78,8	64,4	86,8	68,2	77,4
Moyenne générale par heure et par lit.	74mc,3								

* Voir pages 70, 71, 72, 73 de la thèse M. Grassi.

On voit, par les résultats obtenus par M. Trélat d'une part, et par M. Thomas de l'autre, que les volumes d'air fournis aux poêles extrêmes de chaque salle sont presque toujours supérieurs à ceux des poêles intérieurs.

Les poêles extrêmes étant les plus voisins des portes, il s'ensuit que l'air introduit par refoulement aux extrémités de la salle peut et doit s'échapper dans une assez grande proportion par les orifices incessamment ouverts et contribuer peu à l'assainissement des salles. Or c'est le défaut général que l'on peut reprocher au système de l'insufflation, et il est ici aggravé par l'excès d'affluence de l'air par les poêles extrêmes.

245. *Expériences de MM. Leblanc et Ser sur le volume d'air introduit dans les salles.* — Ces observateurs ont exécuté des expériences sur les volumes d'air introduits par les poêles des salles des pavillons n° 2 et n° 4 à des vitesses assez différentes de la machine. J'en reproduirai ici les résultats, en les rapportant au nombre de 32 lits par salle, comme pour les comparaisons précédentes.

EXPÉRIENCES DE MM. LEBLANC ET SER, SUR L'INTRODUCTION DE L'AIR PAR LES POÊLES DANS LES PAVILLONS VENTILÉS

PAR INSUFFLATION.

DATES.	EMPLACEMENTS.		TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES des salles.	VITESSE de l'air en 1".	VOLUME d'air introduit ramené à zéro.	VOLUME d'air total introduit par heure.	VOLUME d'air introduit par heure et par lit.	NOMBRE de tours de la machine en 1".
			PAVILLON N. 2.						
		Poêle.	°	°	m.	m.c.	m.c.	m.c.	
20 avril 1861.	Rez-de-chaussée.	1		18,0	0,66	336	1251	39,09	»
		2			0,60	305			
		3			0,54	274			
		4			0,66	336			
	1er étage.	1		17,5	0,50	255	1020	31,87	»
		2			0,44	223			
		3			0,37	191			
		4			0,69	351			
	2e étage	1		16,0	0,67	340	1540	48,12	»
		2			0,74	376			
		3			0,62	325			
		4			0,98	499			
								39,69	
2 mai 1861.	Rez-de-chaussée.	1		19,0		330	1162	36,31	52
		2				272			
		3				308			
		4				252			

PAVILLON N. 4.

		Porte			m.				
28 mars 1861.	Rez-de-chaussée.	1	17,0		0,86	442	1405	45,78	55
		2			0,58	298			
		3			0,78	401			
		4			0,63	324			
	1er étage.	1	17,0		0,90	463	1269	39,65	55
		2			0,50	257			
		3			0,52	267			
		4			0,55	282			
	2e étage.	1	17,0		0,83	426	1217	38,03	55
		2			0,45	231			
		3			0,38	195			
		4			0,71	365			
								31,49	
12 avril 1861.	Rez-de-chaussée.	1	18,0	26	1,06	555	1622	50,69	62
		2		26	0,61	319			
		3		28	0,75	393			
		4		29	0,69	356			
	1er étage.	1	15,0	18	0,81	424	1207	37,72	62
		2		18	0,52	272			
		3		17	0,58	272			
		4		17	0,41	239			
	2e étage.	1	15,5	17	0,79	414	1187	37,09	62
		2		17	0,40	210			
		3		16	0,36	188			
		4		17	0,72	377			
								41,83	
						Moyenne générale.		40,53	

246. *Conséquences des résultats précédents.*— De l'ensemble de ces expériences, où les vitesses de la machine ont varié de 52 à 55 et à 62 tours en 1', on déduit, pour la valeur moyenne générale du volume d'air introduit par heure et par lit dans les salles sous l'action simultanée du ventilateur et de l'aspiration naturelle, le nombre $40^{m.c},53$, correspondant à une vitesse moyenne de 59 tours en 1' de la machine. Il est remarquable que les valeurs moyennes de chaque série aient été égales à

$$39^{m.c},69; \quad 36^{m.c},31; \quad 31^{m.c},49; \quad 41^{m.c},83;$$

tandis que les nombres de tours de la machine ont été respectivement égaux à

52; 55; 62.

Cela montre, comme les expériences rapportées au n° **242**, que les volumes d'air introduits dans les salles ne croissent pas aussi rapidement que les vitesses de la machine et du ventilateur.

Cependant, les expériences des autres observateurs montrant qu'à la vitesse de 70 à 72 tours en 1' de la machine le volume d'air introduit à la température de 32^0 peut s'élever à environ 70 mètres cubes par heure et par lit, ce qui revient à $62^{m.c},30$ ramenés à zéro, on voit que dans les expériences de MM. Leblanc et Ser la vitesse de la machine était trop faible et trop au-dessous de celle qui avait été fixée par les constructeurs.

On voit aussi, par la comparaison du volume d'air fourni par les différents poêles d'une même salle, qu'il existe entre ces volumes des différences parfois très-considérables et de plus du simple au double.

Ces différences et les inconvénients qui en résultent peuvent, dans l'état actuel, être peut-être évités par les moyens de réglementation employés, mais on risquerait de restreindre le volume d'eau fourni par les poêles qui en donnent le plus, et on diminuerait alors la ventilation totale. Cette inégalité

tient au mode de distribution adopté pour l'air qui afflue dans les canaux longitudinaux de chaque salle par leurs extrémités, et qui naturellement s'échappe en plus grande quantité par les premiers poêles qu'il rencontre sur son passage que par ceux du centre. Pour l'éviter il aurait fallu que les poêles du centre et leurs conduits offrissent à l'air des passages plus grands que ceux des extrémités.

247. *Évacuation de l'air vicié.* — Nous avons fait voir, dans les considérations générales du chapitre II, que si l'introduction de l'air pur est d'une grande importance pour l'assainissement des lieux habités, l'évacuation régulière et aussi uniforme que possible de l'air vicié, dans toute l'étendue des salles, est encore plus nécessaire, et nous n'avons pas hésité à penser que c'est principalement au point de vue de la sûreté, de la stabilité de cette évacuation que les divers systèmes de ventilation doivent être jugés. Nous verrons d'ailleurs, en continuant la discussion déjà commencée des expériences que nous avons pu étudier, que les résultats réels des observations faites sur l'introduction et sur l'évacuation sont à très-peu près d'accord pour démontrer que c'est par le jeu même de l'action du chauffage et de l'appel que se produisent ces deux effets. C'est ce qui sera mis en évidence un peu plus loin par les expériences directes que j'ai faites à ce sujet.

Dans les deux systèmes d'appareils établis à l'hôpital Lariboisière, l'évacuation de l'air vicié se fait par des cheminées d'appel placées entre chaque couple de lits dans les trumeaux, et qui arrivent isolément pour chaque étage dans les greniers, où elles se réunissent dans des conduits horizontaux qui amènent cet air dans une cheminée unique d'évacuation. Cette disposition, qui a été, je crois, établie pour la première fois à l'hôpital Beaujon, en 1846, par M. L. Duvoir-Leblanc, est à peu près identique, quant aux salles, dans les pavillons de cet hôpital ventilés par l'un ou par l'autre système.

Il convient cependant de faire remarquer que, dans les

trois pavillons ventilés par insufflation, l'on a, nons ne savons pour quel motif, placé à l'entrée des orifices d'appel des châssis portant deux traverses, qui obstruent le passage d'introduction et diminuent considérablement le volume d'air qui s'échappe par ces cheminées. M. Grassi, par des expériences spéciales, a montré qu'en effet le volume d'air qui s'écoulait, quand ces châssis étaient en place, n'était que 0,71 de celui que débitait la cheminée quand les châssis étaient enlevés. Il importerait donc de modifier ces châssis.

Des expériences nombreuses ont été faites sur l'évacuation de l'air par ces cheminées d'appel, par M. Grassi et par M. Trélat, au moyen d'anémomètres; nous en résumerons les résultats dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES DE M. GRASSI.

(Pavillon n° 4.)

DÉSIGNATION des SALLES.	AIR SORTI PAR HEURE, pour 88 tours de la machine		SECTION MOYENNE des OUVERTURES	AIR ENTRANT par LES POÊLES
	par les 19 orifices d'appel.	par lit.		
	m c.	m c.	m q.	m c.
Salle Saint-Augustin, rez-de-chaussée..........	2967	92,7	0,044	3175
Salle Saint-Landry, 1er étage................	2320	72,5	0,047	2330
Salle Saint-Vincent-de-Paul, 2e étage........	3197	99,9	0,056	2388
TOTAL.........	8484	» »	» »	7893
Moyenne par lit...........		88,4	» »	77,4
Moyenne rapportée à 76 tours en 1'..........................		76,4	» »	66,87

On remarquera que le volume d'air évacué par les cheminées d'appel est un peu supérieur à celui qui est fourni par les poêles, d'après les expériences du même observateur, relatées page 369, ce qui semble indiquer qu'il se fait dans les salles quelques autres entrées d'air que celles qui ont lieu par les poêles. Nous reviendrons un peu plus loin sur cette question importante.

M. Trélat, par des expériences analogues, a trouvé les résultats suivants pour le pavillon n° 2 :

(Pavillon n° 2.)

DÉSIGNATION des SALLES.	AIR SORTI PAR HEURE, pour 73 tours de la machine en 1',		AIR INTRODUIT DANS LA SALLE par heure	
	pour les 19 orifices d'appel.	par lit.	pour les 4 poêles	par lit.
	m c.	m c.	m c.	m c.
Salle Saint-Louis, rez-de-chaussée............	1982	62 »	2185	68,06
Salle Saint-Jérôme, 1er étage...............	2345	73 »	2186	68,26
Salle Saint-Charles, 2e étage...............	1968	62 »	2136	68,80
TOTAL.........	6293	» »	6509	» »
Moyenne...................		65,7	»	67,71
Moyennes rapportées à 76 tours de la machine....................		68,5	»	70,42

On remarque encore ici un accord à peu près parfait entre les volumes d'air évacués par les cheminées d'appel et celui qui est introduit par les poêles; de plus, une expérience directe, faite le même jour par M. Trélat, sur le volume d'air

évacué par la cheminée centrale du grenier, a montré que ce volume s'élevait à 6575 mètres carrés, nombre qui s'accorde avec les précédents, autant qu'on peut le désirer.

La moyenne des résultats des expériences de M. Grassi et de M. Trélat donne pour le volume d'air évacué par lit et par heure, pour 76 tours de la machine, $72^{m.c},45$.

Mais cet accord entre les volumes d'air passant par les poêles et ceux qui s'échappent par des cheminées d'évacuation, tout satisfaisant qu'il est, puisqu'il montre que les conditions exigées des constructeurs ont été satisfaites, ne cadre pas avec les idées exagérées que quelques personnes se sont faites des effets de la ventilation par insufflation, et nous nous trouvons à regret obligé de combattre de nouveau ce qui a été dit à ce sujet par M. Grassi.

Nous avons déjà démontré qu'il n'était pas possible d'admettre que l'excès du volume d'air introduit dans les divers branchements sur le volume qui passe par les poêles pût passer par ce que l'on a nommé *ouvertures accidentelles*, et l'accord que nous venons de signaler et qui se manifeste dans toutes les expériences entre les volumes d'air admis par les poêles dans la saison du chauffage et ceux qui sortent par les orifices d'évacuation, aurait dû, ce me semble, éveiller des doutes sur cette impossibilité dans l'esprit des personnes qui ont traité la question; mais, loin de là, M. Grassi, persistant à regarder comme évident que tout l'air introduit dans les branchements arrive dans les salles, et ne constatant à la sortie par les cheminées d'évacuation qu'un volume beaucoup moindre, admet comme également évident que l'excédant sort par des ouvertures accidentelles, qui sont les joints des portes et des fenêtres. Comment cet observateur n'a-t-il pas été arrêté par cette double hypothèse de l'intervention d'orifices accidentels pour l'admission, et d'orifices accidentels pour l'évacuation, quand il trouvait tout naturellement un accord satisfaisant entre l'admission et l'évacuation réellement constatées par l'expérience?

En recherchant par un calcul analogue à celui que nous

avons fait au n° **241** pour les prétendues entrées d'air par les joints des caniveaux, et en tenant compte du développement de toutes les portes et fenêtres, qui pour un même pavillon n'est pas moindre que 726 mètres cubes, on trouve que pour la sortie du volume d'air qui, d'après M. Grassi, devrait être de 4992 mètres cubes par heure ou $1^{m.c},39$ par seconde, il faudrait, en supposant une vitesse de sortie de $0^{m},10$ en une seconde, que la largeur moyenne des joints de ces ouvertures fût de $0^{m},019$, ce qui est inadmissible, excepté tout au plus pour le dessous des portes.

Des expériences directes faites par M. Grassi lui-même, et dont nous rapporterons plus loin les résultats, ont d'ailleurs montré que la pression de l'air à l'intérieur des salles était toujours inférieure à celle de l'air extérieur. Il doit donc se faire par les joints des portes et des fenêtres des rentrées d'air, plutôt que des sorties en temps froid.

Il est donc tout aussi impossible d'admettre que le volume d'air de 4992 mètres cubes qui forme la différence entre le volume fourni, dit-on, par le ventilateur et le volume sorti par les cheminées soit passé par les joints des fenêtres, qu'il l'a été d'accepter l'hypothèse de l'admission d'un volume à peu près égal par les joints des plaques qui recouvrent les caniveaux d'arrivée de l'air.

Il faut, en définitive, réduire les résultats de la ventilation par insufflation aux volumes d'air constatés par les expériences faites sur l'admission à travers les poêles, et pour lesquels celles de MM. Grassi, Trélat et Thomas sont à peu près d'accord pour la saison du chauffage, et à ceux des expériences sur l'évacuation par les cheminées d'appel fournies par les deux premiers observateurs, et qui sont aussi sensiblement conformes entre eux.

Les expériences de MM. Leblanc et Ser, faites au printemps de 1861, montrent d'ailleurs que, dans la saison où le chauffage est interrompu, le volume d'air admis n'est guère que de 42 mètres cubes par heure et par lit à la vitesse de 62 tours de la machine.

Ce point très-important du débat réduit, il est vrai, de beaucoup les avantages attribués au système de ventilation par insufflation ; mais il était indispensable de chercher à l'éclaircir et de montrer dans quelles limites on doit restreindre les résultats que l'on peut en obtenir.

248. *Évacuation de l'air par les conduits des salles.* — Lorsque le temps est calme et que les portes et les fenêtres sont fermées, l'évacuation de l'air vicié se fait régulièrement, ainsi que le montrent les résultats suivants obtenus par MM. Trélat et Peligot :

EXPÉRIENCE DU 5 AVRIL 1856, A 4 HEURES 15 MINUTES DU SOIR.
(Temps très-calme.)

DÉSIGNATION.	VOLUMES D'AIR ÉVACUÉS PAR LES CONDUITS DES SALLES DU PAVILLON N° 6. — NUMÉROS D'ORDRE ET ORIENTATION DES ORIFICES.																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.	NORD	SUD.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
Rez-de-chaussée	154	131	139	111	112	111	105	144	106	124	118	150	108	133	93	116	120	110
1er étage	113	79	112	112	95	114	120	115	106	120	105	103	145	185	163	167	110	120
2e étage	115	115	114	151	132	132	94	117	119	110	119	114	121	119	109	112	109	106

Volume total extrait des salles du pavillon, 6509 mètres cubes ou $67^{m.c}$,8 par heure et par lit.

Malgré quelques divergences assez notables dans les résultats précédents, on doit regarder l'évacuation de l'air comme aussi régulièrement établie qu'on peut le désirer, quand le temps est calme et les portes ou les fenêtres fermées.

Mais il n'en est plus à beaucoup près de même quand ces orifices sont ouverts, ainsi qu'on le verra un peu plus loin.

249. *Expériences de* 1861 *sur l'évacuation de l'air vicié.* — MM. Leblanc et Ser ont aussi fait des expériences sur l'évacuation de l'air vicié dans les pavillons ventilés par insufflation en observant les volumes d'air sortis par la cheminée générale d'appel, soit quand la machine fonctionnait seule, soit quand son action était aidée par la combustion du gaz, soit enfin quand le gaz et la ventilation naturelle agissaient seuls.

Les résultats de ces observations sont résumés dans le tableau suivant, dans lequel les volumes par heure et par lit ont été calculés pour le nombre normal de 102 lits par pavillon.

EXPÉRIENCES DE MM. P. LEBLANC ET SER.

DATES.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURE.	TEMPÉRATURES INTÉRIEURE de la cheminée.	NOMBRE de tours de la machine.	VOLUME d'air évacué à la température de la cheminée.	VOLUME d'air évacué ramené à zéro.	EXCÈS de la température intérieure sur la température extérieure.	VOLUME d'air à zéro, évacué par heure et par lit.	OBSERVATIONS.
				m.c.	m.c.		m.c.	
1861.			La machine marchant seule.					
29 —	15°	17°	65	3259	3046	2	29,86	Vent impétueux et irrégulier.
11 avril.......	13,5	14,5	60	3445	3250	1	31,86	Vent irrégulier.
2 mai........	14,9	17,0	60	»	2978	2,1	29,19	
9 —	15,0	15,4	65	3924	3700	0,4	36,27	
					3243	Moyenne...	31,79	
			La machine et le gaz fonctionnant.					
28 mars.	14°	45°	65	6768	5730	31°	56,17	Vent moyen.
29 —	14	45	50	6264	5350	31	52,45	Temps calme.
30 —	14	55	47	6552	5370	41	52,64	Vent irrégulier.
					5483	Moyenne...	53,75	
			Le gaz fonctionnant seul.					
25 —	12	59	»	4860	3960	47	38,82	Temps calme.
26 —	11	53	»	5076	4260	42	41,76	Vent irrégulier.
				Moyenne...	4110	Moyenne...	40,29	

250. *Conséquences des résultats précédents.* — Les expériences de MM. Leblanc et Ser, faites pendant le printemps, alors que la température extérieure était généralement de 14° au-dessus de zéro, ont fourni pour les volumes d'air évacué par la cheminée générale les valeurs moyennes suivantes :

La machine fonctionnant seule......	31m.c,79	par heure et par lit.
Le gaz fonctionnant seul...........	40m.c,20	
La machine et le gaz fonctionnant ensemble.........................	53m.c,75	

Dans le premier cas, l'excès de la température intérieure sur la température extérieure ayant été très-faible, et compris entre 0°,4 et 0°,1, l'action aspiratrice de la cheminée a eu fort peu d'énergie, et alors que la machine, marchant à 60 ou 65 tours en une minute, fournissait aux mêmes jours plus de 40 mètres cubes d'air par heure et par lit, il n'en sortait que 31 à 32 mètres cubes par cette cheminée.

Ces résultats, bien inférieurs à ceux que j'ai obtenus dans la saison d'hiver, montrent d'une manière évidente que l'insufflation ne suffit pas pour assurer l'évacuation, et expliquent comment dans ces pavillons il règne presque toujours une plus mauvaise odeur que dans ceux où la ventilation est faite par l'aspiration plus énergique d'une cheminée chauffée.

Quand le gaz fonctionnait seul et déterminait dans cette cheminée un excès de température de 42 à 47° sur celle de l'air extérieur, le volume d'air évacué par heure et par lit s'est élevé à 40m.c,29. Il a donc été supérieur de 8m.c,50 par lit à ce que produisait la machine. La dépense de gaz a été de 8 mètres cubes par heure; ce qui, à 0f,15 le mètre cube, a coûté 1f,20. Par conséquent, l'évacuation moyenne de 4110m.c à zèro par heure a coûté dans ces expériences 1f,20 par heure, tandis que, pour le charbon seul, la machine qui, à 65 tours en 1′, développe une force de 6 chevaux au moins ne produit que l'évacuation de 3243 mètres cubes

par heure, consomme environ 4 kilogrammes de houille par force de cheval et par heure, ce qui n'équivaut qu'à une dépense de

$$\frac{23^{kil} \times 0^{f},343}{3} = 0^{f},344 \text{ par pavillon ;}$$

et, pour 4110 mètres cubes, s'élèverait à

$$\frac{4110}{3243} \times 0^{f},344 = 0^{f},437 ;$$

à quoi il faut ajouter les salaires du mécanicien et du chauffeur, ainsi que les frais d'entretien.

Il faut remarquer que la température dans la cheminée était très-élevée et supérieure de 42 à 47° à celle de l'air extérieur. Cependant, par suite de la construction de cette cheminée en zinc, de sa faible hauteur et de la disposition peu convenable des conduits, qui y amènent l'air vicié, le volume d'air évacué ne s'est élevé qu'à $40^{m.c},29$ par heure et par lit, tandis que dans les pavillons ventilés par aspiration, dont la cheminée en briques est plus haute, un excès de température de 20 à 25° suffit, comme on le verra, pour déterminer une évacuation de 60 à 70 mètres cubes par heure et par lit en toute saison. Les autres dispositions des conduits verticaux d'évacuation étant d'ailleurs les mêmes dans les deux groupes, il y aurait donc lieu de modifier les cheminées et les conduits d'accès dans les pavillons ventilés par insufflation. En y joignant une circulation de vapeur, on y assurerait l'énergie et la régularité de l'appel.

Quant aux expériences où la machine et le gaz fonctionnaient simultanément, elles ont donné pour le volume d'air évacué par heure et par lit $53^{m.c},75$ ramenés à zéro, ce qui se rapproche des résultats que j'ai obtenus dans des conditions analogues et correspond à peu près au volume normal de 60 mètres cubes à la température des salles. Il y a lieu d'ailleurs de faire la même observation relativement à la

construction défectueuse de la cheminée, qui ne permet pas d'utiliser avantageusement la chaleur développée.

251. *Effets de l'insufflation sur la différence des pressions extérieure et intérieure.* — Quelques personnes avaient pensé que, par suite de l'affluence forcée de l'air dans les salles, il devrait s'y établir habituellement un léger excédant de la pression intérieure sur la pression extérieure, ce qui, à l'état normal, s'opposerait aux entrées d'air par les portes et par les fenêtres, et pourrait avoir en certains cas une influence hygiénique favorable. Ce dernier point étant hors de notre compétence, nous ne nous en occuperons pas. D'autres personnes, au contraire, ont manifesté la crainte que, par suite même de cet excès de la pression intérieure, l'ouverture accidentelle des portes et des fenêtres, prolongée souvent toute la nuit pendant l'été, n'apportât à la régularité de la ventilation un trouble notable et n'occasionnât même parfois la rentrée de l'air vicié, déjà engagé dans les conduits d'évacuation.

Parmi ces opinions si différentes, l'expérience seule pouvait prononcer, et encore fallait-il s'attendre que ses résultats pourraient être influencés contradictoirement par diverses circonstances. Consultons-la donc.

252. *Observations sur la différence des pressions extérieure et intérieure.* — Et d'abord, examinons s'il se produit dans les salles où arrive l'air insufflé un excès de la pression intérieure sur la pression extérieure.

Le moyen ordinaire à employer en pareil cas est l'usage du manomètre; mais, ici, les différences de pression sont si faibles que l'appareil cesse d'être sensible, à moins qu'on ne recoure à des dispositions particulières analogues à celles qu'a employées M. Grassi.

Il a fait construire un manomètre à éther, formé par un long tube en U, dont la branche horizontale traversait une des croisées de la salle Saint-Augustin (pavillon n° 1), de

sorte que l'une des branches verticales communiquait avec l'air extérieur, et l'autre avec l'intérieur de la salle.

La température intérieure étant de 18°, et celle de l'extérieur de 3°,5′, toutes les portes et fenêtres fermées, et la ventilation marchant comme à l'ordinaire, on a observé les résultats suivants :

DISPOSITIONS PRISES.	EXCÈS OBSERVÉS DE LA PRESSION EXTÉRIEURE SUR LA PRESSION INTÉRIEURE						
		mill.	mill.	mill.	mill.		mill.
Portes et fenêtres fermées, canaux d'évacuation ouverts..........		0,58	0,64	0,60	»	moyennes.	0, 61
Portes et fenêtres fermées, canaux d'évacuation bouchés...	après 15′	0,56	0,52	0,56	»		0, 55
	après 40′	0,40	0,40	0,40	0,42		0,405
	après 60′	0,38	0,39	0,35	0,32		0, 36
	après 75′	0,26	0,28	0,28	0,24		0, 26

Ainsi, malgré la fermeture des portes et des fenêtres, et même malgré celle de tous les conduits d'évacuation, la pression extérieure a toujours été supérieure à la pression intérieure, et la cessation de l'évacuation pendant 75′ n'a fait diminuer cet excès que d'une très-faible quantité.

253. *L'évacuation de l'air des salles ne se fait que par appel.* — Quelque minime que soit d'ailleurs cet excédant de la pression extérieure, il suffit pour prouver que, malgré l'action énergique du ventilateur, il ne se produit dans les salles aucune pression appréciable en sus de l'air extérieur, et que dès lors la sortie de l'air des salles par les tuyaux d'évacuation se fait par appel, et non par pulsion de l'intérieur à l'extérieur. Ainsi donc une partie des avantages attribués à l'insufflation disparaît, et le ventilateur, tel qu'il a été installé, ne sert en rien ou à peu près à l'évacuation de l'air introduit dans les salles.

254. *Rentrées d'air extérieur.* — Mais il y a plus : au lieu

qu'il se produise des sorties d'air par les joints des fenêtres, quand les portes sont fermées, il a été constaté à diverses reprises par différents observateurs qu'il y a des rentrées. Ainsi, M. Grassi dit, page 236 de son mémoire, que « dans les circonstances analogues à celles des expériences précédentes, la pression intérieure des salles est toujours plus faible que la pression extérieure; aussi il arrive alors, comme il était facile de le prévoir, que l'air extérieur tend à pénétrer dans la salle. Il suffit d'approcher la main d'un des joints des croisées pour sentir l'impression de l'air froid; en approchant la flamme d'une bougie, elle est déviée et repoussée du côté de la salle; en entr'ouvrant légèrement une croisée, et présentant à la partie inférieure un anémomètre, on reconnaît de suite un courant venant de l'extérieur. »

Ceci est parfaitement exact, et l'on se demande seulement comment, après avoir lui-même constaté de pareils faits, un observateur aussi intelligent a pu admettre, au contraire, qu'il sortait par les joints des portes et des fenêtres des quantités d'air aussi considérables qu'il l'a supposé.

Car ce n'est pas seulement quand il y a une différence considérable entre les températures extérieure et intérieure que les effets signalés ci-dessus se produisent ; nous les avons observés, à deux reprises différentes, dans les circonstances suivantes :

Le 25 avril 1860, par un temps assez calme et une température extérieure de 15°, dans une visite que j'ai faite à l'hôpital Lariboisière avec M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire impérial des arts et métiers, nous avons constaté, en examinant plusieurs fenêtres, qu'à quelques-unes l'on pouvait sentir à la main la rentrée de filets d'air froid; puis en ouvrant successivement plusieurs fenêtres sur les côtés opposés du bâtiment, en les entre-bâillant, et en présentant devant l'ouverture de légers ballons en caoutchouc remplis de gaz hydrogène, nous avons généralement observé qu'aux fenêtres et aux grandes portes, ainsi entr'ouvertes, il y avait rentrée d'air par le bas jusqu'à la hauteur de $1^m,80$ à $2^m,00$

au-dessus du sol, et au contraire sortie dans la partie supérieure : effet facile à expliquer, puisque l'air chaud, après s'être élevé au plafond et s'être dirigé vers les murs et les fenêtres, où il se refroidit ordinairement, trouvant une issue facile et directe, doit naturellement s'échapper.

Le 2 mai 1860, je me suis de nouveau rendu à cet hôpital, accompagné ce jour-là de MM. E. Trélat et H. Péligot, auxquels on doit les intéressantes expériences dont une partie déjà a été citée. Le temps était calme, légèrement couvert, la température extérieure de 14°. En ouvrant successivement plusieurs fenêtres sur les faces opposées du pavillon n° 2, ventilé par insufflation, nous avons constaté, sur deux fenêtres opposées, non-seulement des rentrées d'air, rendues visibles, sur presque toute la hauteur des ouvertures, à l'aide de ballons légers, mais encore des courants permanents, dont la vitesse, mesurée avec l'anémomètre, s'est élevée d'un côté à $0^m,66$, et de l'autre à $0^m,93$ par seconde environ. Cependant la ventilation était active et se produisait aux poêles avec une vitesse notablement plus grande.

Un autre observateur, M. le colonel du génie Livet, s'exprime en ces termes (page 72 de son Rapport lithographié) :

« Il est à remarquer que, bien que, sans contredit, cette action doive se produire plutôt dans le cas de l'appel de l'air vicié que dans celui de l'injection de l'air neuf, il n'en est pas moins vrai que, dans certaines circonstances atmosphériques assez fréquentes, l'air extérieur s'introduit par les joints des croisées, de sorte que si cette introduction présente réellement des inconvénients, la ventilation mécanique ne doit pas trop s'en prévaloir ; car elle n'en est pas exempte, ainsi que nous l'avons reconnu le 1er septembre. Nous avons même constaté à cette occasion un résultat assez inattendu : c'est que cette introduction d'air n'avait pas lieu seulement d'un côté de la salle, comme on aurait pu le conjecturer d'après l'action du vent passant sur une des faces du bâtiment, mais elle avait lieu par les deux faces opposées, par

toutes les croisées, et avec une vitesse assez notable pour être constatée avec l'anémomètre. »

Enfin, le 2 mai 1860, l'appel par les cheminées d'évacuation était assez fort pour que, malgré les moyens employés pour ventiler les lieux d'aisances, l'odeur pénétrât dans l'une des salles, et presque jusqu'au milieu de sa longueur.

Par toutes ces observations, il nous semble donc établi qu'il y a en général peu ou point de tendance à la sortie de l'air des salles des pavillons ventilés par insufflation, quand les portes et fenêtres sont fermées à la manière ordinaire; qu'il y a plutôt souvent tendance à la rentrée de l'air, lorsque les fenêtres sont entr'ouvertes; et que ce n'est que quand les portes et les fenêtres sont tout à fait ouvertes qu'elles peuvent exercer une influence notable sur la ventilation.

255. *Rentrées d'air vicié produites par l'ouverture des fenêtres.* — Mais quelle est alors cette influence? Est-elle favorable ou nuisible à la ventilation? Y apporte-t-elle un trouble plus ou moins considérable? Peut-elle même aller jusqu'à faire rentrer dans les salles l'air vicié engagé dans les conduits d'évacuation? C'est ce que vont nous apprendre les expériences.

M. Grassi rapporte les deux expériences suivantes :

1er décembre 1855.

Température de la salle 19° 5′; température de l'air extérieur, 5°.

	Volumes d'air sortis par l'orifice n° 4, en une heure.
Portes et croisées fermées	222 m.c
Deux croisées voisines de l'orifice ouvertes	126
Les deux croisées précédentes et deux autres en face ouvertes	158
Les deux croisées en face ouvertes	165

4 avril 1856.

(L'auteur n'indique pas les températures.)

	Volumes d'air écoulés par heure par l'orifice n° 2.
Portes et croisées fermées.	185m.c
Deux croisées n° 4, vis-à-vis l'une de l'autre, sont ouvertes.	94
On ferme ces deux croisées, et l'on ouvre les deux croisées n° 8, les plus éloignées	120

De ces expériences, l'auteur conclut que l'ouverture des portes et des fenêtres diminue le volume d'air qui s'échappe par les canaux, mais que cet effet est peu considérable et que la ventilation est alors peu troublée.

Il a aussi reconnu, par quelques expériences, que l'ouverture d'une porte diminuait peu l'appel des cheminées d'évacuation.

Il n'a jamais observé que l'air vicié engagé dans les canaux rentrât par l'effet des ouvertures de portes et de fenêtres, et conclut que « ces expériences prouvent d'une manière bien évidente que l'air qui est dans les canaux ne revient pas en arrière pour rentrer dans la salle quand on ouvre une ou plusieurs croisées. »

Mais passons aux expériences de MM. Trélat et Péligot.

Ces observateurs ont opéré avec beaucoup de soin, et les résultats de leurs recherches sont résumés dans le tableau suivant :

11 avril 1856.

Pavillon n° 3.

OBSERVATIONS SUR LE VOLUME D'AIR TOTAL DÉBITÉ PAR LA CHEMINÉE SUPÉRIEURE.

	Débit de la cheminée en une heure.
Les portes et les fenêtres fermées	7817m.c
Les portes donnant sur l'escalier ouvertes à tous les étages.	6788
Deux portes et quatre fenêtres	4537

Ainsi, dans cette expérience, l'ouverture des portes a réduit le volume d'air sorti par la cheminée de

$$1029 \text{ m.c}, \quad \text{ou environ } \frac{1}{7,6},$$

et l'ouverture de deux portes et de quatre fenêtres l'a réduit de

$$3280 \text{ m.c}, \quad \text{ou de } \frac{1}{2,4}.$$

EXPÉRIENCE DE NUIT, LE 10 AVRIL 1856.

(Pavillon n° 2.)

		AIR sorti par les cheminées.	
		m.c.	m. c.
Toutes les fenêtres fermées.	Rez-de-chaussée.	1960,00	6002,40
	1er étage.......	2046,20	
	2e étage........	1996,20	
Deux fenêtres ouvertes au rez-de-chaussée........	Rez-de-chaussée.	964,70	5007,10
	1er étage.......	2046,20	
	2e étage........	1996,20	
Deux fenêtres ouvertes au 1er étage...............	Rez-de-chaussée.	1956,70	4697,00
	1er étage.......	738,70	
	2e étage........	1991,60	
Deux fenêtres ouvertes au 2e étage...............	Rez-de-chaussée.	1965,70	4735,07
	1er étage.......	2011,30	
	2e étage........	758,50	

Il résulte de ces expériences que l'ouverture de deux fenêtres pendant une nuit de printemps réduit presque des deux tiers le volume d'air qui sort par les cheminées d'appel.

256. *Observations de MM. E. Trélat et Péligot.* — Mais ce qui est bien plus grave, c'est que MM. Trélat et Peligot ont constaté pendant cette expérience de nuit que non-seulement il y avait eu souvent des arrêts dans la ventilation, mais encore refoulement de l'air vicié déjà introduit dans les cheminées vers l'intérieur des salles.

Ce fait étant d'une grande importance dans la question qui nous occupe, je crois devoir reproduire ici textuellement toute une série d'observations faites par ces expérimentateurs par l'extrait suivant de leur rapport :

Expériences du 7 *avril* 1856.— « Reportons-nous à la première expérience relative à la deuxième question (*Influence de l'ouverture des fenêtres*). Nous avons trouvé, toutes portes et fenêtres fermées, pour les volumes d'air écoulés par les canaux du premier étage du pavillon n° 4, les nombres suivants :

EXPÉRIENCES DU 7 AVRIL 1856.

ORIFICE N° 1.		ORIFICE N° 5.		ORIFICE N° 9.		MOYENNE par orifice.	TOTAL de la salle.	MOYENNE par lit.
NORD.	SUD.	NORD.	SUD.	NORD.	SUD.			
m.c. 115,00	m.c. 118,00	m.c. 112,00	m.c. 106,00	m.c. 104,00	m.c. 122,00	m.c. 113	m.c. 2034,00	m.c. 63,60
Ces nombres deviennent, en ouvrant la 5e fenêtre nord :								
*52,19	82,94	*99,39	50,05	*77,94	45,49	68	1224,00	38,25
En ouvrant la 4e fenêtre nord et la 5e sud :								
*61,42	33,70	*32,37	55,61	33,37	21,08	39,42	709,56	22,16
En ouvrant les deux 5es fenêtres et les deux 4es :								
*16,65	*38,30	*62,90	*36,07	16,10	*20,16	31,37	564,66	17,64
Mêmes conditions, 2e expérience.								
*0,93	22,50	*3,14	14,40	54,00	34,20	20,17	363,06	11,34

« Pendant cette série d'expériences, il y a eu souvent des arrêts dans la ventilation; c'est ce qui est indiqué par le signe *; les chiffres soulignés indiquent qu'il y a eu non-seulement arrêt, mais même refoulement; ainsi, le chiffre 22m.c,50 signifie que, pendant cette expérience, l'anémomètre, placé devant l'orifice n° 1 du côté sud, a marché en sens contraire avec une vitesse correspondante à un débit de 22m.c,50 d'air refoulé par l'orifice en une heure.

4ᵉ EXPÉRIENCE. — 10 AVRIL 1356. — PAVILLON Nº 4, 1ᵉʳ ÉTAGE.

La 4ᵉ fenêtre nord et la 5ᵉ sud sont ouvertes.

		m.c par heure.
Volumes d'air débités par les poêles....	nº 1	802,53
Idem	nº 2	531,29
Idem	nº 3	485,16
Idem	nº 4	492,67
Volume total pour la salle...		2311,70

ou par lit 72ᵐᶜ,24.

« Or les différents orifices d'évacuation ne débitent que

738ᵐ·ᶜ,70, et par lit, 23ᵐ·ᶜ,07.

différence, ou volume sortant par les fenêtres ouvertes et les fissures des autres,

1573ᵐ·ᶜ,00, ou par lit, 49ᵐ·ᶜ,16. »

Ces observateurs concluent en ces termes :

« Par l'ouverture d'une ou de plusieurs fenêtres des deux côtés d'une salle, la sortie de l'air n'a pas lieu d'une manière régulière par les canaux d'évacuation ; l'air s'échappe plus facilement par les grandes baies qui lui sont offertes, et détermine des courants qui peuvent créer des appels latéraux alimentés par les bouches d'évacuation voisines : il peut alors y avoir retour d'air par les canaux d'évacuation. »

Ces conséquences sont graves, et M. Grassi ne se le dissimulait pas, car il disait : « Si le fait existait réellement, il faudrait renoncer au système, car il est impossible d'éviter l'ouverture très-fréquente des portes et quelquefois des fenêtres. »

Mais, quoique le fait existe, nous ne pousserons pas nos conclusions aussi loin, et nous nous bornerons à faire remarquer que, d'après les réflexions et les observations exprimées au nº **251**, la sortie de l'air des salles n'ayant lieu que par l'effet de l'appel des canaux d'évacuation et de leur cheminée, il devient évident que cet appel, tel qu'il a été orga-

nisé, est insuffisant, malgré la puissance de l'appareil moteur des ventilateurs.

257. *Ventilation d'été.* — Les observateurs que nous avons cités ne nous ont fourni à ce sujet aucun résultat. Ils ont implicitement admis, pour cette partie importante de la question, que toute la quantité d'air introduite dans l'artère principale par le ventilateur arrivait et se distribuait dans les salles l'été comme l'hiver, et que l'air vicié s'échappait convenablement et régulièrement aussi par suite de l'action impulsive de l'appareil mécanique.

Mais puisqu'il est démontré par la discussion des expériences précédentes :

1° Que, dans l'hiver, une portion seulement de cet air arrivant dans les salles, bien que les appareils mécaniques fussent aidés par l'aspiration que produisent la chaleur des poêles et celle des salles, le volume d'air affluent et celui de l'air sortant n'excédaient alors que d'une assez faible quantité le volume exigé ;

2° Que cette affluence de l'air ne produisait dans les salles aucun excès de la pression intérieure sur la pression extérieure, et qu'il y avait plutôt une différence en sens inverse ;

3° Que par conséquent l'évacuation de l'air par les cheminées d'appel n'était déterminée que par l'appel des conduits d'évacuation et de la cheminée supérieure.

Il nous semble rationnel d'en conclure que ce dernier appel étant, ainsi que celui du poêle, à très peu près annulé l'été, par suite de l'égalité de la température à l'intérieur et à l'extérieur, il y a tout lieu de penser que la ventilation d'été doit être, du moins quant à l'évacuation de l'air vicié, très-inférieure à celle de l'hiver, puisque cela arrive même, comme on le verra dans les pavillons ventilés par l'aspiration que produit une cheminée d'appel échauffée, quand on

n'apporte pas beaucoup de soin à en élever la température au degré nécessaire.

Il était donc regrettable que cette partie des études faites jusqu'ici fût restée incomplète, et il me parut fort désirable que cette lacune fût comblée, car, jusqu'à plus ample information, nous ne pouvions regarder cette partie de la question de la ventilation comme résolue d'une manière satisfaisante par le système de la ventilation par insufflation. J'ai cherché à suppléer à cette lacune par les expériences suivantes, par lesquelles je me suis aussi proposé d'examiner quelques autres questions importantes.

258. *Expériences faites en* 1860 et 1861. — A l'époque où je fus appelé à m'occuper de nouveau de la question de la ventilation, pressé par la nécessité de donner une solution pour les projets de chauffage et de ventilation des nouveaux bâtiments du palais de justice, j'avais dû me borner à étudier et à discuter les résultats des expériences faites par divers observateurs, et je n'avais pu entreprendre moi-même aucune série de recherches sur quelques points encore douteux de la question.

J'ai repris plus tard cette étude, et j'ai fait exécuter sous ma direction plusieurs séries d'expériences dont une partie a déjà été publiée dans les *Annales du Conservatoire*. Je les rapporterai ici dans l'ordre qui convient à l'examen de la question.

259. *Comparaison de l'influence des effets de la chaleur ou de l'aspiration, et de ceux de l'insufflation dans l'introduction de l'air.* — Les expériences dont j'ai rapporté et discuté les résultats dans les numéros précédents ont mis en évidence la différence considérable qui existe entre le volume d'air réellement introduit dans les salles à travers les poêles et ceux que les ventilateurs aspirent et refoulent à l'origine des conduites. Les explications plus ou moins ingénieuses que l'on a cherché à donner de cette différence et pour permettre d'admettre que cet air, mis en mouvement par l'appareil

mécanique, arrivait en réalité dans les salles par d'autres voies que ces poêles, ne m'ont pas paru pouvoir résister à une discussion sérieuse, et je ne crois pas qu'aujourd'hui l'on voulût de nouveau en maintenir l'exactitude.

Mais il y avait un autre côté de la question qui n'avait point été abordé et qui me paraissait d'une grande importance.

L'excès de la température qui s'établit dans les poêles et dans la salle sur celle qui a lieu à l'extérieur doit incontestablement, en toute saison, déterminer, par les conduits de refoulement de l'air et même par la cheminée du clocher, un appel plus ou moins énergique. D'une autre part, puisque, comme on l'a vu au n° 250, la pression extérieure de l'air reste toujours supérieure à la pression intérieure des salles, il s'ensuit, comme nous l'avons aussi indiqué, que l'évacuation de l'air vicié a lieu par appel et non par refoulement.

Il était donc important de constater, par des expériences directes, quelles pouvaient être, dans les mouvements de l'air, la part proportionnelle de l'appareil mécanique et celle de l'aspiration due à la simple différence des températures.

Pour y parvenir, deux sortes d'expériences m'ont paru nécessaires :

1° Déterminer directement, par l'observation des volumes d'air écoulés par la cheminée générale d'évacuation, la part proportionnelle du ventilateur, en observant ces volumes le même jour et dans les mêmes conditions de température, soit quand le ventilateur fonctionne, soit quand il est arrêté.

2° Déterminer de même, par l'observation des volumes d'air introduits par un poêle, la part proportionnelle du ventilateur et celle de l'aspiration.

260. *Part proportionnelle du ventilateur dans l'évacuation de l'air vicié par la cheminée générale.* — Pour la solution de la première question, l'on a procédé ainsi qu'il suit, en répétant les expériences à sept reprises différentes.

On a commencé par observer les volumes d'air qui passaient dans la cheminée générale d'évacuation, quand le ventilateur fonctionnait à la manière ordinaire, en laissant le mécanicien régler la marche de la machine comme il l'entendait. Puis on a répété les mêmes observations, après avoir fait arrêter la machine et lorsqu'il s'était écoulé un intervalle de temps suffisant pour que le mouvement de l'air fût arrivé à l'état de régime.

Les résultats des observations sont réunis dans le tableau suivant, qui contient ceux de sept expériences comparatives exécutées, comme nous venons de le dire, dans le but de reconnaître la part proportionnelle du ventilateur dans le volume d'air total évacué par la cheminée générale.

La 3e colonne indique la vitesse moyenne de l'air à son passage par la section où était placé l'anémomètre, et qui avait $1^{m.q},207$ de superficie.

La 4e et la 5e colonne contiennent les volumes d'air écoulés par seconde et par heure.

La 6e donne l'excès de la ventilation générale obtenue avec le ventilateur sur la ventilation sans ventilateur.

La 7e indique la part proportionnelle du ventilateur dans la ventilation générale.

La 8e indique la part proportionnelle de la ventilation due à la chaleur seule, ou de l'appel dans la ventilation générale.

Les 9e, 10e et 11e, contiennent les températures observées à l'extérieur dans la cheminée et dans les salles.

Enfin, la 12e colonne fait connaître quel a été le volume d'air moyen évacué par la cheminée générale, par heure et par lit.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES SUR L'INFLUENCE DU VENTILATEUR DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE SUR LA VENTILATION GÉNÉRALE DU PAVILLON N° 4.

DATES.	CIRCONSTANCES DE L'EXPÉRIENCE.	VITESSE de l'air en 1''.	VOLUME D'AIR éventé en 1'.	VOLUME D'AIR éventé en 1 h.	DIFFÉRENCE de volume due au ventilateur.	PART proportionnelle dans l'effet total. Ventilateur.	PART proportionnelle dans l'effet total. ventilation due à la chaleur.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES dans la cheminée.	TEMPÉRATURES dans les salles.	Volume d'air de ventilation générale par heure et par lit, avec le ventilateur.
		m.	m.c.	m.c.	m.c.			°	°	°	m.c.
13 décem. 1860.	Avec le ventilateur. 70 tours de la machine	C 1,20 R 1,29	1,531	5,512	732	0,133	0,867	+ 6	13	18 à 20	52,00
	Sans ventilateur	C 1,19 R 1,07	1,328	4,780							
15 décem. 1860.	Avec le ventilateur. 72 tours de la machine	C 1,33 R 1,25	1,534	5,522	687	0,124	0,876	+3 à +4	12	18 à 20	52,09
	Sans ventilateur	C 1,18 R 1,09	1,343	4,835							
10 janvier 1861.	Avec le ventilateur (74 tours de la machine)	1,56	1,882	6,768	1,216	0,178	0,822	— 3	9	19	63,85
	Sans ventilateur (74 tours de la machine)	1,28	1,545	5,552							
	Avec le ventilateur (74 tours de la machine)	1,49	1,798	6,473	1,440	0,220	0,780	— 3	9	19	60,94
	Sans ventilateur (74 tours de la machine)	1,16	1,400	5,040							
12 janvier	Avec le ventilateur (78 tours de la machine)	1,61	1,943	6,994	1,126	0,161	0,839	— 3	10 à 9	19	65,88
	Sans ventilateur (78 tours de la machine)	1,35	1,629	5,863							
14 janvier	Avec le ventilateur (60 tours de la machine)	1,42	1,714	6,170	651	0,106	0,894	— 2	10	19	58,15
	Sans ventilateur (60 tours de la machine)	1,27	1,532	5,519							
	Avec le ventilateur (68 tours de la machine)	1,45	1,750	6,300	781	0,124	0,876	— 2	9	19	59,43
	Sans ventilateur (68 tours de la machine)	1,27	1,533	5,519							

NOTA. — Les nombres de tours indiqués sont ceux de la machine à à vapeur. Le ventilateur marchait quatre fois plus vite.

1. Dans les expériences des 13 et 15 décembre 1860, pour s'assurer si l'on pouvait se contenter de mesurer la vitesse de l'air au centre de la cheminée, ou s'il fallait l'observer en plusieurs points pour en déduire une valeur moyenne d'une exactitude suffisante, on a fait des observations successives au centre et à une distance de la paroi égale à un quart du rayon. Les résultats particuliers de ces observations sont indiqués à la colonne des vitesses par les lettres C et R.

2. Expériences faites avec le concours de M. Trélat, professeur de constructions civiles au Conservatoire des arts et métiers.

3. Expérience répétée en présence de la commission chargée d'examiner les projets de chauffage et de ventilation pour les nouveaux théâtres de la place du Châtelet.

261. *Conséquences des résultats contenus dans le tableau précédent.* — L'ensemble des observations, dont les résultats sont consignés dans le tableau précédent, montre que l'effet du ventilateur agissant par insufflation est beaucoup moins considérable qu'on ne l'avait supposé.

Il était bien évident, d'après les discussions précédentes de tous les résultats des diverses observations, que l'évacuation de l'air des salles par les cheminées n'était due, comme nous l'avons dit plus haut, qu'à l'aspiration produite par les différences de température, et d'un autre côté il n'était pas contestable que le ventilateur devait aussi y contribuer dans une certaine proportion.

Mais il était difficile de penser que la part de cet appareil dans le produit total de la ventilation générale ne s'élevât en moyenne qu'à 0,149, soit 0,15 et restât même souvent au-dessous de cette proportion.

Aussi n'ai-je pas été, en ce qui me concerne, médiocrement surpris de ce résultat si tranché, et me suis-je cru obligé de répéter l'expérience à plusieurs reprises et d'en faire constater les résultats par la commission chargée d'examiner les projets présentés pour le chauffage et la ventilation des nouveaux théâtres, en présence de laquelle ils ont donné des résultats encore inférieurs à la moyenne générale.

Il est important de faire remarquer que la cheminée générale d'évacuation de ces pavillons est en zinc, sans aucune garniture intérieure qui s'oppose à son refroidissement, ce qui est une faute grave de construction pour un appareil de ventilation. Il en est résulté que, dans les expériences qui ont été faites par un temps assez froid, l'air des salles, en traversant cette cheminée, perdait une partie notable de sa chaleur, augmentait de densité, et que l'action de la ventilation naturelle a été très-notablement diminuée par ces circonstances défavorables.

Si, au contraire, la cheminée avait été plus élevée et préservée contre les refroidissements par une cheminée intérieure en maçonnerie, l'air s'y serait beaucoup moins re-

froidi; si, de plus, ce qui était et ce qui est encore facile aujourd'hui, la cheminée avait contenu un récipient d'eau chauffée par circulation de vapeur comme les poêles des salles, la température de l'air affluent des salles se serait élevée dans cette cheminée, au lieu de s'y abaisser, et l'aspiration aurait acquis plus de puissance.

Il est donc permis de penser que rien ne serait plus facile que d'accroître, à très-peu de frais, l'action de l'aspiration par rapport à celle du ventilateur, et l'on verra plus loin, par les résultats des expériences faites dans la saison d'été, que cela est indispensable pour évacuer les volumes d'air fixés par les conditions des marchés.

Il y a de plus lieu d'ajouter que, dans les expériences précédentes, lorsque le ventilateur était arrêté, l'air extérieur, pour arriver aux poêles, était encore obligé de descendre, comme dans le cas où le ventilateur fonctionnait, par la cheminée du clocher, traversait le ventilateur arrêté, et parcourait tous les conduits si compliqués qu'avait nécessités l'appareil mécanique. Cela prouve d'abord que l'aspiration seule suffirait pour faire arriver l'air nouveau par cette cheminée, si on le croyait nécessaire; et de plus il est évident que si l'on renonçait à l'emploi du ventilateur, on pourrait supprimer toute cette circulation et amener directement l'air aux poêles de chauffage par des prises d'air faites dans les faces du bâtiment, à chaque étage, et indépendantes les unes des autres.

Par ces dispositions, toutes les résistances au mouvement de l'air affluent, les pertes de force vive qu'il éprouve dans les conditions actuelles seraient considérablement diminuées, et je ne doute pas que l'on n'obtînt alors, dans les mêmes conditions de température, une affluence d'air au moins aussi considérable que par le système compliqué et dispendieux qui existe aujourd'hui.

262. *Volume d'air total extrait des salles du pavillon n° 4 de l'hôpital Lariboisière. Expériences d'hiver.* — Les résultats que

nous venons d'examiner au point de vue des effets comparatifs de ventilation, dus, soit à la seule différence des températures, soit à l'action du ventilateur, nous fournissent aussi des conséquences intéressantes quant au volume d'air total qui sort des salles de ce pavillon.

La vitesse de la machine à vapeur n'a pas toujours été la même; et bien qu'elle doive être régulièrement fixée à 76 tours en 1′, elle descend très-souvent au-dessous, et assez habituellement, pour économiser le combustible, on la réduit à 60 et quelques tours en 1′, et parfois à moins encore.

C'est entre ces limites qu'ont été faites les observations précédentes, et par les résultats qu'elles ont fournis on voit que le volume d'air moyen évacué par la cheminée générale a été par heure et par lit de $58^{m.c},90$. Il s'est élevé à $65^{m.c},38$ lorsque la machine marchait à 78 tours en une minute; mais à la vitesse de 70 tours, par un temps un peu mou, alors que la température extérieure était de 6^{0} au-dessus de zéro, ce volume s'est abaissé à 52 mètres cubes par heure et par lit.

On verra plus loin que dans la saison d'été ce volume est encore beaucoup moindre et tout à fait au-dessous des prévisions.

265. *De l'influence du vent sur la ventilation générale dans ces pavillons.* — Les expériences dont il vient d'être question avaient été commencées le 8 décembre par un vent violent de sud-ouest, qui, ayant amené de la pluie, força de les interrompre; mais l'on avait déjà pu faire une première observation sur le volume d'air total évacué par la cheminée sous l'action simultanée de la ventilation naturelle et du ventilateur, alors que la machine fonctionnait à 80 tours en une minute.

Ces expériences avaient été faites en observant, comme il a été dit, la vitesse de l'air au centre de la cheminée et à $0^{m},25$ de ses parois. Nous en consignons les résultats partiels dans le tableau suivant, parce qu'ils montrent que dans cette

cheminée l'on pouvait se contenter des observations faites au centre.

La section désignée par A était une zone annulaire de $0^{m.q},906$ de surface, et la section B un cercle central de $0^{m.q},302$ de surface. Elles formaient ensemble la section totale égale à $1^{m.q},207$.

EXPÉRIENCES FAITES LE 8 DÉCEMBRE 1860 AU PAVILLON N° 4 DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre.		VITESSE DE L'AIR EN 1''.	VOLUME D'AIR PASSÉ par la section		VOLUME D'AIR TOTAL ÉCOULÉ		VOLUME D'AIR ÉCOULÉ PAR HEURE et par lit.
				A	B	en 1''.	en 1 heure.	
			m.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
1	550	B 9,12	0,95	»	0,287	1,175	42,30	41,47
2	545							
3	560	A 9,54	0,98	0,888	»			
4	585							

La formule de l'anémomètre était $V = 0^{m},1392 + 0^{m},08852\,N$.
La température de l'air était de 11° à l'extérieur, de 14° dans la cheminée et de 18° à 19° dans les salles.

Les expériences précédentes, ainsi que d'autres dont il sera parlé plus loin, ayant montré que, dans des circonstances anologues de température extérieure et intérieure, et avec des vitesses notablement moindres de la machine, le volume total d'air évacué par la cheminée ne descendait pas au-dessous de 52 mètres cubes par heure et par lit, la faiblesse du résultat obtenu le 8 décembre ne peut être attribuée qu'à l'action du vent violent qui régnait ce jour-là, et qui, en s'introduisant sous le chapeau de la cheminée, contrariait considérablement l'action de la ventilation.

Un pareil effet ne se produirait pas à beaucoup près au même degré sur une cheminée plus haute, moins sujette au

refroidissement, et encore moins si elle était chauffée à l'intérieur; ce qui montre non-seulement l'avantage, mais même la nécessité de cette dernière disposition, quelle que soit d'ailleurs l'opinion qu'on ait de l'utilité des moyens mécaniques.

Il serait d'ailleurs bon, en tout cas, de surmonter les cheminées générales d'évacuation, comme on le fait souvent pour les cheminées ordinaires, d'un chapeau tournant, d'une mitre percée de trous, ou au moins d'un ajutage allongé, qui, bien que diminuant le volume d'air écoulé, augmenterait la vitesse et donnerait plus de stabilité à l'écoulement.

264. *Influence du ventilateur sur le volume d'air introduit par les poêles.* — Après avoir constaté l'influence que l'action du ventilateur pouvait exercer sur la ventilation générale, qui se compose du volume d'air entré par les poêles et de celui qui afflue par les portes et par les fenêtres, il était nécessaire de chercher à reconnaître l'influence directe que le ventilateur pouvait exercer sur le volume d'air fourni par les poêles, quoique, sous le rapport de l'introduction par aspiration, l'arrivée de l'air à ces poêles fût disposée de la manière la plus défavorable.

A cet effet, des expériences comparatives ont été faites, le 11 janvier 1860, sur le poêle n° 2 de la salle du rez-de-chaussée et sur le poêle n° 2 de la salle du deuxième étage du pavillon n° 4. La première expérience a été exécutée avec un anémomètre dont la tare était :

$$V = 0^{m},36 + 0,086N;$$

la deuxième avec l'anémomètre qui avait servi à toutes les expériences précédentes, et dont la tare était :

$$V = 0^{m},1394 + 0,08852N.$$

Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau suivant.

Il est bon de faire remarquer que, dans ces expériences, les couvercles des poêles avaient été enlevés, afin de faciliter

autant que possible le passage de l'air, tandis que, dans le service courant, la présence des grilles et des couvercles réduit la section de passage de l'air dans le rapport de 1,00 à 0,653 *.

EXPÉRIENCES DE VENTILATION FAITES A L'HOPITAL LARIBOISIÈRE, LES 10 ET 11 JANVIER 1861, AU PAVILLON N° 4.

(Système Thomas et Laurens.)

TOURS de l'anémomètre en 1''.	VITESSE de l'air en 1''.	VOLUME d'air écoulé en 1 heure.	TEMPÉRATURES dans les SALLES.	TEMPÉRATURES à l'extérieur.	TEMPÉRATURES à l'anémomèt.	OBSERVATIONS.
11 janv.—La machine en marche à 70 tours en 1'.						
10,45	m. 1,06	m.c. 568	19°	5°	43°	La section du tuyau dans les deux séries d'expériences $= 0^{mq},147$.
La machine arrêtée.						
6,57	0,72	378	19	5	48	$V = 0^m,1392 + 0,08852$ N.
10 janv. — La machine fait 74 tours.						
11,20	1,32	695	»	»	»	$V = 0^m,36 + 0,086$N.
La machine arrêtée.						
4,75	0,77	407	»	»	»	

265. ***Examen des résultats contenus dans le tableau précédent.***

---

* Il résulte, en effet, des mesures prises avec beaucoup de soin par M. E. Trélat dans ses expériences sur ces appareils, que la somme des sections de passage des tubes étant estimée à $0^{m.q},147$, celle des orifices carrés offerts par les grilles n'est que de $0^{m.q},096$, dont le rapport à la précédente est 0,653.

— L'expérience faite sur le poêle n° 2 du rez-de-chaussée apprend que ce poêle, par l'effet de la ventilation due à la différence de température, sans le concours du ventilateur, fournissait, le 30 janvier, 407 mètres cubes, et qu'avec le ventilateur et la ventilation due à la chaleur il donnait 695 mètres cubes.

Le rapport $\frac{407}{695} = 0,59$ indique donc la part de l'appel dans le produit total, celui du ventilateur étant ainsi 0,41 du tout.

Le 11 janvier, l'expérience faite sur le poêle n° 2 du deuxième étage du pavillon a donné, pour le volume d'air fourni par ce poêle :

Par l'effet de la ventilation due à la chaleur seule.. 378^{mc}

Avec le ventilateur et la ventilation due à la chaleur. 568^{mc}

Le rapport $\frac{378}{568} = 0,66$ montre que, dans ce cas, l'appel fournissait les 0,66 de l'effet total, et le ventilateur les 0,34.

La moyenne de ces deux expériences conduit à conclure que, pour l'arrivée de l'air par les poêles, l'aspiration produite par la chaleur contribuait à l'effet pour les 0,625, et la ventilation pour 0,375.

Si l'on se rappelle ce que nous avons dit plus haut des dispositions tout à fait défavorables à la ventilation due à la chaleur dans ces pavillons, et nécessitées par l'emploi d'un ventilateur, tandis qu'elles auraient pu être bien plus avantageuses si l'on avait voulu faire arriver l'air par appel ; et si l'on remarque que l'effet de ces dispositions influe entièrement sur l'arrivée de l'air par les poêles, on sera sans doute disposé à admettre avec nous que la part proportionnelle de la ventilation due à la dilatation de l'air serait considérablement augmentée, et très-probablement d'un quart à un tiers. si les arrivées de l'air étaient directes, ce qui en élèverait l'effet à 0,80 au moins de l'effet total ; appréciation qui ne s'éloigne pas beaucoup du résultat auquel ont conduit les expériences directes de la ventilation générale.

266. *Expériences sur le volume d'air fourni par les poêles du pavillon n° 4, chauffé à la vapeur et ventilé par insufflation.* — Désirant constater avec le soin convenable les effets d'introduction d'air nouveau dans les pavillons chauffés à la vapeur et ventilés par insufflation, j'ai commencé par faire reconnaître l'influence qu'exerçait la présence du couvercle qui, placé sur les poêles, tend à occasionner une perte de force vive à l'arrivée de l'air, et, par suite, une diminution dans la ventilation.

A cet effet, on a successivement opéré sur le poêle n° 1 du premier étage, en enlevant et en replaçant le couvercle, et en se servant d'un tuyau qui, recouvrant tout le poêle, laissait à l'air un débouché de 0m.q,147, à très-peu près égal à la somme des aires de section des tubes, qui est de 0m.q,146, et dont les contours, convenablement tracés, n'occasionnaient aucune déviation brusque.

Les observations ont fourni les résultats suivants :

EXPÉRIENCES FAITES LE 18 JANVIER 1861 SUR LE POÊLE N° 1 DU PREMIER ÉTAGE DU PAVILLON N° 4.

TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE moyenne de l'air.	VOLUME d'air introduit par heure.	TEMPÉRATURES			OBSERVATIONS.
			EXTÉRIEURE.	dans la SALLE.	dans le tube des poêles.	
Le couvercle étant sur le poêle.						
10,01	1,02	536	+1°	18°	40,0°	Formule de l'anémomètre V=0m1392+0,08852N
Le couvercle étant enlevé.						
12,87	1,28	678	+1	18	45,5	La surface du passage de l'arc dans le tuyau est de 0m.q,147.

NOTA. On a eu soin pendant les expériences de veiller à ce que les portes fussent fermées.

Il résulte des chiffres consignés dans ce tableau que la pré-

sence du couvercle des poêles réduit le volume d'air qu'ils peuvent fournir dans le rapport de 678 à 536, ou de 1,000 à 0,795.

Ce rapport pourrait sans doute varier notablement ; mais, sans regarder sa détermination comme très-exacte, il est permis de conclure de l'expérience qui précède que les couvercles des poêles devraient être modifiés pour tirer des appareils tout le parti convenable.

Une comparaison des résultats des observations faites dans le tuyau unique d'expérimentation avec le couvercle enlevé, et de celles qui ont été faites séparément et successivement sur les douze tubes d'admission de l'air, a montré, le même jour, que l'emploi de ce tuyau n'occasionnait aucune diminution dans le débit des poêles, par suite de l'égalité de surface de son débouché et de la somme des sections des tuyaux des poêles.

En effet, en observant la vitesse de l'air dans chacun des douze tubes, dont la somme des sections était de $0^{m.q},146$, on a obtenu pour vitesse moyenne $1^{m},25$ en une seconde, et pour le volume d'air passé par heure 632 mètres cubes, tandis que l'observation faite avec le grand tuyau, le couvercle étant enlevé, a donné $1^{m},28$ pour vitesse moyenne, et 678 mètres pour le volume débité.

267. *Expériences faites, le* 18 *janvier* 1861, *sur le volume d'air fourni par tous les poêles du pavillon n°* 4. — Après ces opérations préliminaires, on a observé, le même jour et successivement sur les quatre poêles de chacune des salles des trois étages du même pavillon, les volumes d'air neuf qu'ils fournissaient, alors que la machine marchait à 68 tours par minute. Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau suivant :

SITUATION et numéros d'ordre des poêles à partir de l'entrée.		NOMBRE de tours de l'anémomètre en 1".	VITESSE de l'air en 1".	VOLUME d'air fourni par les poêles en 1 heure.	TEMPÉRATURES		
					EXTÉRIEURE.	dans les salles.	de l'air sortant des poêles.
			m.	m.c.			°
rez-de-chaussée	1	15,35	1,49	788	1°	19° 5	53
	2	11,37	1,14	601			39
	3	10,97	1,11	577			41
	4	11,85	1,18	623			49
			Total........	2589			moy. 44,5
1er étage	1	13,03	1,29	683	1°	19° 5	30
	2	10,73	1,09	576			44
	3	10,38	1,05	549			37
	4	10,11	1,03	575			38
			Total........	2343			moy. 37,2
2e étage	1	12,87	1,28	678	1°	18°	40,5
	2	8,67	0,90	476			34
	3	7,21	0,77	407			38
	4	10,70	1,09	576			30
			Total........	2137			moy. 35,6
Total général pour le pavillon...				7069			moy. 39,8

OBSERVATIONS. — Les couvercles de tous les poêles ont été enlevés pour ces expériences, tandis que, dans le service courant, les couvercles restant en place, la section libre de passage à travers les tuyaux est réduite par la présence de la grille dans le rapport de 1 à 0,653, comme on l'a vu au n° 7 et le volume écoulé dans un rapport très-notable.

Formule de l'anémomètre : $V = 0^m,1392 + 0^m,08852N$.

La section transversale du tuyau dans laquelle l'anémomètre était placé est égale à $0^{m.q},147$.

La machine marchait à 68 tours en 1' pendant la durée de toutes ces expériences.

268. *Conséquences des résultats contenus dans le tableau précédent.* — Les résultats des observations qui précèdent prouvent que les poêles n° 1, qui sont les plus voisins des conduits d'arrivée de l'air, débitent des volumes qui excèdent ceux des poêles du milieu des salles de 0,27 et même de 0,41; mais cette inégalité, qu'il serait assez difficile d'éviter, n'a d'autre inconvénient sérieux que celui que nous avons déjà signalé, de faciliter l'échappement direct d'une plus grande quantité d'air par les portes, lorsqu'elles sont ouvertes.

La ventilation est aussi plus énergique au rez-de-chaussée qu'au premier étage, et surtout qu'au second. La différence, qui est de 0,17 entre le rez-de-chaussée et le second étage, peut être attribuée en partie à l'influence de la hauteur des cheminées d'évacuation et en partie à la plus grande proximité de la machine. La température des poêles étant aussi plus grande au rez-de-chaussée qu'aux autres étages, il ne serait pas difficile d'établir une plus égale répartition de l'air, mais les différences ne sont pas assez grandes pour constituer un inconvénient grave. Il y a lieu cependant de remarquer que dans les expériences, comme dans le service habituel, la température des salles de ces pavillons est toujours trop élevée de 2 à 3 degrés au moins, ce qui, en favorisant l'action de l'appel, augmente le volume d'air introduit, de même que celui qui est extrait. Le volume d'air total fourni par les douze poêles des trois étages, pendant l'hiver, quand ils étaient complétement découverts, s'élevant à 7069 mètres cubes pour les 96 lits contenus dans ces salles, le volume d'air que ces poêles pouvaient introduire dans ces salles, par heure et par lit, s'élevait donc à $73^{m.c},63$, quantité supérieure aux conditions imposées aux constructeurs.

Mais on a vu que la présence habituelle des couvercles des poêles pouvait réduire ce volume aux 0,795 de sa valeur, de sorte que, dans le service ordinaire et avec les couvercles, le volume d'air total aurait été réellement réduit à

$$0,795 \times 7059^{m.c} = 5619^{m.c},8 \text{ ou à } 58^{m.c},54 \text{ par heure et par lit,}$$

quantité encore suffisante, et qui aurait évidemment été dépassée, si la machine avait marché à plus de 68 tours en une minute. Il est d'ailleurs bon de remarquer que ce dernier chiffre s'accorde exactement avec le résultat moyen des observations faites sur la cheminée d'évacuation rapporté au n° **258**.

269. *Observation faite, le* 18 *janvier* 1861, *sur le volume d'air total évacué par la cheminée générale du même pavillon.* —

Immédiatement après les expériences dont on vient de parler, on a observé le volume d'air qui sortait de la cheminée générale d'évacuation, tous les poêles ayant encore leur couvercle. L'expérience a donné les résultats suivants :

NOMBRE de tours de l'anémomètre en 1"	VITESSE de l'air en 1"	VOLUME d'air écoulé par heure	TEMPÉRATURES		
			EXTÉRIEURE	dans les salles	dans la cheminée
t. 11,90	m. 1,19	m.c. 5170	1°	19°,5	11°

Ce volume d'air de 5170m.c est un peu inférieur à celui qui se serait écoulé par les poêles munis de leurs couvercles, et qui, d'après les expériences précédentes, devait être d'environ 5619m.c,8; mais il faut remarquer que ce jour-là le vent avait tourné au sud-ouest, et nous avons vu, au n° **261**, que l'influence d'un vent violent pouvait diminuer dans une proportion énorme le volume d'air que cette cheminée, trop basse et facile à refroidir, pouvait débiter, et l'abaissait même à 4230 mètres cubes par heure, tandis que dans les mêmes conditions de température intérieure et extérieure, et à la même vitesse du ventilateur par un temps calme, le volume d'air écoulé pouvait être beaucoup plus considérable.

270. *Influence du mode de construction de la cheminée.* — Nous avons fait remarquer que la construction de la cheminée générale d'évacuation de l'air établie en zinc, sans chemise intérieure en maçonnerie, avait pour résultat fâcheux d'occasionner un refroidissement considérable de l'air qui venait des salles, et l'on a pu voir, par l'examen des tableaux précédents, que le refroidissement de cet air, qui, dans les salles, est habituellement à 19°, pouvait être de 8 à 10°, ce qui

contrariait et diminuait beaucoup l'évacuation. Cet abaissement de température, en rendant plus grande la densité de l'air qui passe dans la cheminée, crée à son échappement une résistance qui favorise sa sortie par les portes, toutes les fois qu'on les ouvre, ce qui est continuel; la cheminée, où la température est habituellement plus basse que dans les salles, n'exerce donc par elle-même qu'une très-faible action d'appel qui s'ajoute à celle que produit la température des salles, et il n'est pas étonnant que dans ce dispositif, les volumes d'air évacués par la cheminée générale ne soient presque jamais supérieurs, et se trouvent, au contraire, très-souvent inférieurs à ceux qui sont introduits dans les poêles.

L'égalité approximative de ces deux volumes qui, sauf les circonstances accidentelles, s'observe ordinairement, ainsi que l'ont aussi constaté d'autres expérimentateurs, se trouve donc complétement expliquée et justifiée par ces réflexions.

271. *Influence de la vitesse du ventilateur.* — Les expériences dont les résultats sont consignés au tableau du n° **265** ne sont relatives qu'au cas où la machine marchait à 62 tours, ce qui est, à la vérité, sa vitesse à peu près normale en service courant; mais il était bon de reconnaître dans quelle proportion le volume d'air qui débouche des poêles croît avec la vitesse du ventilateur ; car, s'il est à peu près vrai que dans des limites assez étendues le volume d'air que fournissent les appareils de ce genre, quand cet air débouche librement dans des tuyaux complétement ouverts, est proportionnel à leur vitesse, il n'était pas probable qu'il pût en être de même, dans le cas actuel, du volume d'air fourni par les poêles.

A cet effet, des expériences directes ont été exécutées sur le poêle n° 3 du premier étage du pavillon n° 4, en faisant fonctionner la machine à des vitesses très-différentes.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES FAITES LE 16 FÉVRIER 1861 SUR LE POÊLE N° 3 DU 1er ÉTAGE DU PAVILLON N° 4 DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE.

NOMBRE de tours de la machine en 1".	NOMBRE de tours DE L'ANÉMOMÈTRE		VITESSE de l'air en 1".	VOLUME d'air écoulé par heure.	TEMPÉRATURES		
	en 1'.	en 1".			EXTÉRIEURE.	de L'AIR affluent.	des SALLES.
			m.	m.c.			
48	610	10,17	1,04	550	11°	43°	21°
60	707	11,78	1,18	624	11	43	21
74	751	12,51	1,25	661	11	44	21
84	833	13,88	1,37	724	11	44	21

OBSERVATIONS. — Section du débouché du tuyau placé sur le poêle dont le couvercle était enlevé, $0^{m.q},147$. On rappelle que le nombre de tours du ventilateur est quadruple de celui de la machine.

Si l'on représente graphiquement ces résultats, en prenant les nombres de tours pour abscisses et les volumes d'air fournis par le poêle pour ordonnées, on reconnaît que les points ainsi déterminés sont, dans l'étendue des expériences, situés sur une ligne droite qui, prolongée, ne passerait pas par l'origine des coordonnées; et qui montre qu'en poussant la vitesse de la machine à 68 tours au lieu de 58, le volume d'air fourni se serait accru dans le rapport de 620 à 645, ou de 1 à 1,04, et qu'en allant à 90 tours au lieu de 68, le volume d'air fourni par le poêle se serait accru dans le rapport de 750 à 650, ou dans le rapport de 1 à 1,154 seulement.

La même proportion devant à très-peu près s'établir pour tous les poêles, on voit que, si à 68 tours de la machine le volume d'air fourni était, sans les couvercles, de $58^{m.c},54$, il aurait été, à la vitesse de 76 tours, sans les couvercles, de $77^{m.c},61$ par heure et par lit, et à celle de 90 tours, sans les couvercles, de 85 mètres cubes par heure et par lit, ou avec les couvercles, de $67^{m.c},55$.

Cette faible influence de l'accroissement de la vitesse du ventilateur sur le volume d'air introduit par les poêles n'a d'ailleurs rien qui doive surprendre, puisque nous avons vu, par les expériences relatées au n° **258**, que cet appareil ne

produit en moyenne que 0,15 de l'effet total de la ventilation et que 0,375 de l'effet d'introduction de l'air neuf par les poêles. Ce n'est donc que sur ces fractions de l'effet total que l'accroissement de vitesse de l'appareil pourrait agir.

272. *Influence de l'action simultanée de deux ventilateurs.* — Non-seulement l'accroissement de la vitesse d'un seul ventilateur au delà d'une limite assez restreinte cesse d'avoir une grande influence sur le volume d'air introduit dans les salles, mais même l'emploi simultané de deux ventilateurs n'offre pas un avantage proportionné au travail moteur consommé. C'est ce que montrent les expériences suivantes de MM. Trélat et Péligot.

12 juillet 1855. Volume d'air fourni par deux ventilateurs, la machine marchant à 88 tours en 1'. . . . . 42055^{mc}

4 avril 1856. Volume d'air fourni par un ventilateur, la machine marchant à 80 tours en 1'. . 35812^{mc}

273. *Accord des résultats précédents avec ceux des autres expérimentateurs.* — Il n'est pas inutile de faire remarquer que les résultats des expériences qui viennent d'être rapportées sont à très-peu près d'accord avec ceux qui ont été obtenus par d'autres expérimentateurs.

En effet, on a pu voir précédemment, aux n^{os} **240** et suivants, qu'en ramenant tous les résultats à la vitesse de 76 tours de la machine, les volumes d'air introduits dans la salle par les poêles ont été trouvés, quand les couvercles des poêles étaient enlevés, par

M. Grassi, égaux à .	60$^{m.c}$,00	par heure	et par lit.
M. Trélat	73$^{m.c}$,70	—	—
M. Thomas	75$^{m.c}$,20	—	—
Moyenne générale.	70$^{m.c}$,60	—	—

tandis qu'à la vitesse de 68 tours seulement, nous avons trouvé un volume de 73$^{m.c}$,63.

Il en est de même pour les volumes d'air écoulés par les cheminées générales d'évacuation, lesquels ont été trouvés :

Par M. Grassi, égaux à.	75m.c,04	par heure	et par lit.
Par M. Trélat.	68m.c,05	—	—
Moyenne générale.	72m.c,45	—	—

Les résultats qu'indiquent ces expériences n'ont donc rien qui ne s'accorde avec ceux des autres expérimentateurs qui ont opéré dans des conditions analogues de température extérieure ; mais ils mettent en évidence des circonstances sur lesquelles leur attention ne nous paraît pas s'être suffisamment attachée, et au premier rang desquelles je place l'influence relative des effets directs et naturels de la chaleur, ce qui les a conduits à attribuer trop exclusivement les effets obtenus à l'action des appareils mécaniques.

C'est ce qui résulte aussi des expériences de MM. Leblanc et Ser, qui, ayant opéré à des températures extérieures plus élevées et par conséquent moins favorables à l'action de l'appel, ont obtenu, à l'introduction comme à la sortie, des volumes notablement moindres que les autres observateurs.

274. *Expériences sur la ventilation d'été.* — J'ai fait exécuter, le 31 août 1861, des expériences pour constater le volume d'air qui sortait de la cheminée générale d'évacuation du pavillon n° 4, dans des conditions de température extérieure identiques à celles où, le même jour, on en avait effectué d'analogues sur les pavillons du même hôpital ventilé par appel.

Les résultats de cette expérience sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION D'ÉTÉ DANS LE PAVILLON N° 4 DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE, VENTILÉ PAR INSUFFLATION.

DATES.	TEMPÉRATURE		DIFFÉRENCE de la température dans la cheminée et de la températre extérieure.	TEMPÉRATURE dans les salles.	NOMBRE de tours de l'anémomètre en 1".	VITESSE de l'air dans la cheminée.	VOLUME d'air total évacué en 1 heure.	VOLUME d'air évacué par heure et par lit.
	EXTÉRIEURE.	dans la cheminée.						
Août.	0	0	0	0		m.	m.c.	m.c.
31	16	22	6	22,50	7,75	0,74	3215	31,52

275. *Conséquences de cette expérience.* — Cette expérience, faite le même jour, à la même heure à peu près que celle de la vérification sur les pavillons 1, 3 et 5, ventilés par appel, dont il sera parlé plus loin, et dans des conditions aussi identiques que possible, montre que, tandis que la ventilation par appel a produit l'évacuation de 80 mètres cubes d'air par heure et par lit, la ventilation par insufflation n'a assuré que celle de 31$^{m.c}$,52 par heure et par lit.

Ce résultat, qu'il était facile de prévoir, tient à ce que dans ce système l'appel par la cheminée est extrêmement faible, et que l'ouverture des portes, au lieu de l'activer, comme dans le système de l'appel, facilite la sortie directe par ces orifices de l'air insufflé sans assurer l'assainissement.

On remarquera que le volume de 31$^{m.c}$,52 trouvé dans ces expériences est presque identiquement le même que celui qui a été trouvé par MM. Leblanc et Ser, au printemps de 1861, alors que l'excès de la température intérieure sur la température extérieure était aussi très-faible, comme on peut le voir au n° **248**.

276. *Nécessité de l'ouverture des portes pendant les nuits d'été.* — Cependant l'ouverture des portes des salles de ces pavillons pendant les nuits d'été est absolument indispensable et

même l'on est, dans les grandes chaleurs, obligé d'y joindre l'ouverture de quelques fenêtres, quels qu'en puissent être les inconvénients. Le fait m'a été attesté à plusieurs reprises cet été par des infirmiers et par des malades *; et, quoiqu'il soit contraire aux règlements et aux prescriptions de la prudence, il n'en est pas moins la conséquence de l'insuffisance de l'assainissement.

277. *Observations recueillies près des sœurs de Charité.* — Toutes les sœurs employées dans cet hôpital sont obligées de faire, à tour de rôle, le service de nuit dans tous les pavillons, et, à cet effet, elles doivent faire au moins une tournée, dans chacun des six pavillons dont les nos 1, 3 et 5, occupés par les femmes, sont ventilés par appel, et les nos 2, 4 et 6, occupés par les hommes, le sont par insufflation. J'en ai interrogé un grand nombre, et toutes invariablement m'ont affirmé que l'air était plus pur et plus *doux*, moins infecté dans les pavillons des femmes que dans ceux des hommes. L'une d'elles, attachée à cet hôpital depuis 7 à 8 ans, a même ajouté que, pour ses tournées de nuit, elle avait soin de commencer par les pavillons des hommes, ventilés par insufflation, parce que, si elle y arrivait déjà un peu fatiguée par le parcours des autres, elle ne pourrait supporter l'influence de la mauvaise odeur qu'on y respire.

Les expériences directes, comme les appréciations des personnes appelées à soigner les malades, sont donc d'accord pour prouver que le système de l'insufflation, malgré l'introduction de l'air nouveau qu'il assure, ne saurait produire en tout temps une évacuation suffisante ni régulièrement répartie de l'air vicié, et par conséquent l'assainissement à un degré aussi satisfaisant que le système de l'appel.

278. *Ventilation des lieux d'aisances.* — Cette partie du service de la ventilation n'a pas paru sans doute, aux ingé-

* Saussier, malade atteint de paralysie, demeurant rue du Faubourg-du-Temple, n° 123. Il a séjourné longtemps dans cet hôpital.

nieurs qui ont établi les appareils d'insufflation, susceptible d'être résolue à l'aide de ces appareils, puisqu'ils ont eu recours à un dispositif d'aspiration.

Les planches IV et V montrent la disposition adoptée et qui a pour but de ventiler non-seulement les cabinets d'aisances et les conduits de descente, mais encore les fosses elles-mêmes. Celles-ci, à communication directe et non interrompue avec les conduits, sont ventilées au moyen d'un conduit d'appel souterrain qui, passant sous toute la longueur du pavillon, va gagner une cheminée d'appel chauffée par le tuyau de fumée d'un des fourneaux d'étuve de ce pavillon.

L'effet aurait été bien mieux assuré si cette cheminée d'appel avait été placée près des tuyaux de descente, et chauffée à l'aide d'un peu de vapeur empruntée à l'échappement de la machine.

Il paraît que le résultat n'ayant pas été à l'origine trouvé satisfaisant, on avait bouché l'orifice qui permet aux gaz de s'échapper de la fosse par le tuyau d'appel, ce qui alors les laissait remonter parfois par les tuyaux de descente, et produisait l'infection que j'ai observée et signalée dans mon rapport de 1860. L'on assure qu'aujourd'hui la ventilation des lieux d'aisances est beaucoup améliorée, et qu'elle est devenue satisfaisante depuis que l'on a ouvert l'orifice d'appel de la fosse. L'on a cependant été obligé d'y laisser un ou deux vasistas ouverts, et malgré ces perfectionnements, la disposition adoptée n'est pas à imiter.

279. *Conclusions générales.* — De l'ensemble de toutes les expériences faites par différents observateurs et par nous, on peut, je crois, tirer les conséquences suivantes :

1° L'air appelé par la cheminée du clocher se trouve toujours mêlé à une quantité d'air pris dans les caves, dans une proportion qui varie de 0,370 à 0,755 de la totalité, selon que les portes voisines de la chambre des machines sont fermées ou ouvertes.

2° Cet air, au lieu d'être plus frais l'été que celui qui serait pris à hauteur des divers étages, est, au contraire, plutôt plus chaud.

3° Quand la vitesse de la machine atteint 76 tours en une minute, le volume d'air neuf introduit dans les salles à travers les poêles s'élève, l'hiver, de 70m.c,00 à 75m.c,00 par heure et par lit.

4° Le ventilateur ne contribue, dans l'état actuel des choses et dans les mêmes circonstances, que pour les 0,375 à cette introduction d'air nouveau; les 0,625 restant sont produits par l'aspiration.

5° Le volume d'air évacué l'hiver par la cheminée générale s'élève en moyenne à 70 ou 75 mètres cubes par heure.

6° L'été, à la même vitesse de la machine, ce volume d'air évacué peut se réduire à moins de moitié.

7° Le vent peut aussi réduire le volume d'air évacué à 40 ou 45 mètres cubes seulement par heure et par lit.

8° L'hiver le ventilateur n'influe que pour 0,15 environ dans l'évacuation de l'air vicié par la cheminée générale; les 0,85 restant sont évacués par la seule action de l'appel.

9° La pression de l'air dans les salles est toujours inférieure à la pression extérieure.

10° L'évacuation est donc principalement due à l'action de l'appel.

11° L'emploi d'une cheminée en métal, sans enveloppe extérieure qui la préserve du refroidissement, est défectueux et nuit beaucoup à la ventilation.

12° L'ouverture complète d'un certain nombre de portes et de fenêtres trouble toujours et diminue considérablement l'évacuation régulière de l'air vicié. Elle produit sou-

vent des rentrées d'air vicié très-considérables dans les salles.

13° L'accroissement de la vitesse du ventilateur dans les limites de 60 à 90 tours de la machine en une minute, n'augmente que dans une assez faible proportion le volume d'air nouveau introduit dans les salles, et d'après les dimensions adoptées pour les conduits, l'emploi simultané de deux ventilateurs accroît peu le volume d'air fourni.

14° Les lieux d'aisances sont parfois mal ventilés et répandent une mauvaise odeur dans les salles, malgré l'ouverture de deux vasistas qui, l'hiver, y produit un froid dangereux.

280. *Ventilation par appel. — Hôpital de Lariboisière. — Description des appareils.* — Le système de chauffage par circulation d'eau chaude est connu, et l'on trouvera d'ailleurs, au chapitre VIII, la description succincte des dispositifs le plus généralement employés. Je n'en parlerai donc pas ici, et je me contenterai d'indiquer l'ensemble des dispositions établies à l'hôpital de Lariboisière pour y produire à la fois le chauffage et la ventilation.

L'eau qui circule dans tout l'appareil est chauffée dans une chaudière principale *a* (pl. VI), à double enveloppe, établie dans les caves, et qui sert en même temps de cloche de foyer, et dans une petite chaudière *a'*, plus spécialement destinée aux étuves à cataplasmes et au service de l'eau chaude. De la partie supérieure de la chaudière *a* partent deux tubes ou serpentins, qui s'élèvent dans la cheminée B, où ils absorbent une partie de la chaleur emportée par la fumée et par les gaz chauds venant du foyer.

Au sommet de cette cheminée, les deux tubes s'assemblent dans une sorte de bouteille conique, où ils débouchent, et de laquelle part un tube L dirigé en pente douce vers les récipients supérieurs KK placés dans la cheminée d'appel N. Ces récipients, dont le nombre a été successivement aug-

menté, se composent d'un cylindre principal de 0m,75 de diamètre et de seize autres cylindres, dont huit de 0m,70 de diamètre et huit de 0m,30 de diamètre, distribués autour du récipient principal (voy. pl. VII, fig. 3 et 4). Ils sont tous renfermés dans une sorte de chambre à air chaud qui existe au bas de la cheminée, et dans laquelle viennent déboucher tous les conduits d'air vicié.

La circulation de l'eau chaude s'établit entre tous les récipients qui, par leur surface totale échauffent cet air vicié au degré convenable, et elle passe du récipient central par quatre tuyaux de retour MM (pl. VII) destinés à distribuer l'eau aux diverses salles, en la faisant passer par les poêles *ppp* (pl. VI), d'où elle retourne à la partie inférieure de la chaudière *a*.

Cette circulation de l'eau dans les poêles se fait de la manière suivante :

A chaque étage (pl. VI et VII), il y a quatre poêles dans les grandes salles de 32 lits et un petit poêle dans une chambre à deux lits. Le tuyau (pl. VII), qui y amène l'eau, chaude, débouche dans une bouteille B qui alimente deux tubes de distribution CC′, dont l'un C est destiné aux deux premiers poêles DD, et se continue ensuite dans un caniveau central, où il est en communication avec deux bouteilles destinées à échauffer l'air qui traverse ce caniveau. L'autre tuyau C′ échauffe d'abord deux bouteilles et va ensuite chauffer les deux poêles D′D′. Les deux tubes distributeurs CC′ se réunissent en un seul C″, qui est le tuyau de retour de cet étage à la chaudière.

Cette disposition a pour but de permettre de chauffer à volonté deux ou quatre poêles, selon les besoins, en manœuvrant des robinets convenablement disposés.

Chaque étage ayant d'ailleurs son tuyau d'eau chaude particulier, venant des récipients, on peut à volonté y modérer, y varier ou y interrompre le chauffage.

C'est ce que montre la planche VII, fig. 2, qui représente la disposition du premier et du deuxième étage.

Quant à l'arrivée de l'air nouveau, elle se fait par des caniveaux GG' (pl. VII, fig. 2) ménagés dans l'épaisseur des planchers et qui débouchent à l'extérieur; les uns G, G, en descendant dans l'épaisseur des murs de refend extrêmes des salles jusque dans les caves, les autres G', G', en se terminant sous les fenêtres aux murs de face des pavillons.

Tous ces caniveaux amènent l'air dans le caniveau central ménagé dans l'axe de chaque salle, et dans lequel circulent les tuyaux d'arrivée et de retour d'eau chaude; ce caniveau central est fermé de distance en distance par des cloisons en briques, afin d'opérer entre les poêles le partage de l'air affluent. Mais ce partage n'est pas fait également. Les deux poêles du milieu des salles reçoivent chacun l'air de quatre des caniveaux transversaux G'G' venant des murs de face, tandis que les poêles extrêmes ne sont alimentés d'air nouveau que par les caniveaux GG qui l'amènent des caves.

Il résulte de cette disposition que les deux poêles extrêmes reçoivent et fournissent aux salles beaucoup moins d'air que ceux du milieu. Ce défaut, qui a été constaté par tous les expérimentateurs, devrait être corrigé, ce qui est facile, en établissant d'autres caniveaux de prise d'air particuliers pour ces deux poêles.

Les observations ont aussi fait remarquer que, dans les temps de grands vents, il arrive parfois qu'une bourrasque dirigée contre l'une des faces produit dans les caniveaux opposés un courant d'air qui traverse le bâtiment, non-seulement sans pénétrer dans les salles, mais en y produisant un appel momentané de dedans au dehors.

Ces effets accidentels, fort rares et toujours d'une très-courte durée, n'ont rien de grave; mais il est bon et facile de les éviter, soit en ne plaçant pas les caniveaux vis-à-vis l'un de l'autre, soit en les prolongeant dans le caniveau central, où ils seraient jusqu'à une certaine distance séparés par une languette.

Les tuyaux qui traversent les poêles présentent ensemble et pour chaque poêle une section de passage de $0^{m.q},20$, qui

suffit, comme on le verra plus loin, pendant la saison du chauffage pour amener 40 à 50 mètres cubes d'air nouveau par heure et par lit, mais ce qui est tout à fait insuffisant pour le printemps et pour l'été. Il en résulte alors que l'air nécessaire au remplacement de celui qui est évacué par l'action de l'appel entre par les portes et par les fenêtres; ce qui présente des inconvénients.

Il me paraît nécessaire, comme je l'ai déjà indiqué, de ménager des orifices auxiliaires pour ces saisons, pendant lesquelles on peut, sans inconvénient et avec des précautions convenables, introduire de l'air frais directement dans les salles.

L'évacuation de l'air vicié se fait dans chaque salle par des bouches d'appel VV (pl. VI et pl. VII) ménagées dans les parois verticales de chaque trumeau, entre les deux lits qui y sont placés, de sorte que l'air vicié est appelé le plus près possible de chaque malade avant qu'il se soit répandu dans la salle, ce qui est une condition de rigueur beaucoup trop négligée dans d'autres hôpitaux.

Ces bouches forment l'extrémité d'autant de conduits de $0^m,23$ sur $0^m,23$, indépendants les uns des autres, à chaque étage, de sorte qu'au deuxième étage chaque trumeau en contient trois. A leur arrivée dans le grenier, les trois conduits verticaux formant un même groupe débouchant dans un endroit commun II (pl. VII, fig. 1), où ils sont prolongés jusqu'à une certaine distance par des languettes.

Tous les conduits II, établis sur le sol du grenier, se dirigent indépendamment les uns des autres vers la chambre d'air chaud K, au bas de laquelle sont répartis les seize récipients.

L'eau chaude arrivant de la chaudière afflue dans le récipient central par le tuyau d'ascension H qui est bifurqué, et, après avoir circulé dans tous les récipients de la chambre d'air chaud, elle se distribue aux différents étages par les quatre tuyaux de retour particuliers MM, destinés aux différents services qui peuvent ainsi être rendus indépendants les uns des autres et fonctionner séparément ou simultanément, selon les besoins du service.

Le nombre des récipients établis dans la chambre d'air chaud est trop considérable, ce qui provient de ce que le constructeur a été successivement conduit par l'observation à l'augmenter. La surface totale de chauffe de cet ensemble de récipients est de 87$^{m.q}$,51 environ. Dans des constructions nouvelles, il conviendrait évidemment de la répartir d'une manière plus simple.

Au-dessus de la chambre à air chaud s'élève la cheminée générale d'évacuation NN (pl. VI et pl. VII), construite en briques, à section octogonale de 1^{m},90 de diamètre à sa base, et 1^{m},00 à sa partie supérieure, qui se trouve à 7^{m},70 au-dessus du sol de la chambre.

Tel est l'ensemble des dispositions adoptées par M. L. Duvoir-Leblanc pour les trois pavillons 1, 3, 5, destinés aux femmes malades de l'hôpital Lariboisière. Elles ne sont pas toutes irréprochables; mais les résultats généraux sont assez satisfaisants et peuvent être facilement améliorés. C'est ce que vont démontrer les nombreuses séries d'expériences exécutées par divers observateurs et dont nous allons rapporter et discuter les résultats.

Avant de terminer cette description, il ne sera pas inutile d'indiquer aussi la disposition employée par M. L. Duvoir pour assurer la ventilation des lieux d'aisances.

Les cabinets situés à chaque étage contiennent trois cuvettes R en fonte émaillée (pl. VI), qui débouchent dans une autre cuvette S formant le sommet d'un tuyau de descente U particulier pour chaque siége. Tous les tuyaux de descente conduisent les matières dans un grand bassin hémisphérique O en fonte toujours rempli d'eau, dans laquelle plonge leur extrémité ; ce qui empêche les gaz de la fosse située au-dessous de remonter par les tuyaux de descente.

Les matières se déversent du bassin O, par l'espace X, dans la fosse qui est hermétiquement fermée.

Il résulte de cette disposition que les seuls gaz qui pourraient déboucher par le sommet des tuyaux de descente dans les cabinets seraient ceux qui se développeraient dans ces

tuyaux. Pour les empêcher de pénétrer dans ces cabinets, et en même temps pour enlever la mauvaise odeur qui peut se développer dans ceux-ci, M. Duvoir a mis chacune des contre-cuvettes S en communication avec un tuyau T, qui débouche dans un conduit d'appel V, commun pour tous les siéges.

Lorsque l'appel exercé dans ce tuyau V est assez énergique, il détermine non-seulement l'évacuation des gaz développés dans les tuyaux de descente, mais il produit en outre dans les cabinets et par l'ouverture des siéges l'appel d'un volume d'air qui peut s'élever à 35$^{m.c}$ par heure et par siége, comme je l'ai constaté à l'hôpital Beaujon.

Malheureusement M. Duvoir, craignant peut-être avec raison de conduire les gaz dans la cheminée générale d'évacuation, a cru devoir chercher à les amener par un long conduit horizontal V′ V′, qui parcourt toute la longueur du grenier dans la cheminée d'appel V″ des promenoirs, qui se trouve, par rapport aux lieux d'aisances, à l'extrémité opposée du bâtiment, à plus de 50 mètres dans le sens horizontal. L'étendue de ce parcours et le peu d'énergie de l'appel de cette cheminée empêchent que la ventilation de ces locaux soit en tout temps suffisamment assurée. Mais le dispositif n'en est pas moins convenable, et, avec quelques modifications, il serait facile de le rendre tout à fait efficace.

281. *Résultats d'expériences.* — Dès l'année 1847 j'avais fait à l'hôpital Beaujon des expériences sur le volume d'air aspiré par les cheminées d'évacuation par appel dans le pavillon de cet hôpital chauffé et ventilé au moyen de la circulation de l'eau chaude, et j'avais constaté, à l'aide d'un anémomètre du système de M. Combes, qu'il sortait des salles de ce pavillon, par heure et par lit :

Au rez-de-chaussée	66$^{m.c}$,00
Au premier étage	60$^{m.c}$,60
Au deuxième étage	42$^{m.c}$,00
Moyenne	56$^{m.c}$,00

Déjà cette ventilation avait produit, de l'avis du médecin chargé du service de cet hôpital, M. le docteur Robert, des résultats assez favorables pour en faire disparaître à peu près complétement les cas de l'affection si grave vulgairement nommée la pourriture d'hôpital, chez les personnes atteintes de blessures graves, auxquelles ce pavillon était réservé. Mais ayant remarqué qu'à certaines heures il s'y manifestait encore une odeur désagréable, j'insistai, en 1852, dans un rapport sur les projets présentés pour l'hôpital dit alors de la République, et appelé aujourd'hui hôpital Lariboisière, pour que la ventilation fût portée au moins à 60 mètres cubes d'air par heure et par lit, alors que l'administration des hôpitaux n'avait demandé aux concurrents « qu'une ventilation continue d'air chaud pendant l'hiver, et d'air froid pendant la saison chaude, à raison d'au moins 20 mètres cubes par lit et par heure dans les salles de malades, et une ventilation pendant le jour seulement dans les chauffoirs, à raison de 10 mètres cubes par lit du pavillon correspondant. »

Les mêmes expériences avaient permis de constater que le dispositif particulier adopté par M. L. Duvoir pour la ventilation des lieux d'aisances y faisait rentrer 35 mètres cubes d'air par heure et par siége, et enlevait toute odeur.

Lorsque de semblables résultats ont été obtenus à un jour donné, dans des circonstances normales, il n'y a pas de raison pour qu'ils ne le soient pas toujours, si l'on exerce la surveillance convenable; et si l'on reconnaît la nécessité de les accroître, il suffit de modifier les proportions en conséquence des besoins nouveaux. Aussi, dès cette époque, regardais-je l'ensemble des appareils de M. L. Duvoir, et généralement tous les appareils de chauffage à l'eau chaude produisant la ventilation par aspiration, comme propres à fournir pour les autres hôpitaux la solution de la question de la ventilation; et dans un rapport adressé, vers la fin de 1847, à l'administration de la ville de Paris, sur un projet présenté par le même constructeur pour le chauffage et la

ventilation de l'hôpital du Nord, appelé aujourd'hui hôpital de Lariboisière, je conclus, avec mes collègues, à l'adoption de ce projet, en indiquant quelques modifications ayant pour but d'accroître l'énergie des moyens d'appel et le volume d'air extrait des salles.

Plus tard, en 1852, lorsque d'autres projets furent présentés en concurrence avec celui de M. L. Duvoir, ayant été consulté par M. le ministre de l'intérieur, je lui proposai *

---

* *Rapport sur les projets présentés pour le chauffage et la ventilation de l'hôpital du Nord* (*mai* 1852).

Monsieur le Ministre,

Les projets de chauffage et de ventilation proposés pour l'hôpital du Nord, sur lesquels vous m'avez fait l'honneur de me demander mon opinion, ont été examinés avec le plus grand soin par une commission présidée par M. Regnault, et qui comptait dans son sein M. Pelouze et d'autres personnes très-compétentes pour juger de semblables questions.

Il m'est bien difficile dans le peu de temps dont je puis disposer, et au moment de partir pour une mission que me donne M. le Ministre de la guerre, d'approfondir assez l'étude de ces projets pour pouvoir émettre une opinion personnelle, surtout si elle devait être différente de celle de mon savant confrère M. Regnault.

Je tâcherai cependant de vous faire connaître les doutes qui se sont élevés dans mon esprit après la lecture des pièces qui m'ont été communiquées, et je crois pouvoir le faire d'autant mieux que les principaux ne portent pas sur les qualités ou les défauts des systèmes présentés, mais sur le fond même des questions et sur la manière d'assurer le service de ce vaste hôpital.

Il s'agit, dans ces projets, de chauffer et de ventiler à la fois les salles occupées par les malades. La commission a distingué avec raison les projets où la ventilation doit être produite directement par les appareils de chauffage proprement dits de ceux où elle doit être déterminée, soit par un chauffage spécial, soit par des moyens mécaniques.

En présence des inégalités qu'ont souvent présentées dans leur marche les dispositifs, tels que ceux de M. Léon Duvoir, qui ventilent par appel direct produit par les appareils de chauffage, elle s'est prononcée en faveur du système de ventilation indépendante.

Dans ce dernier mode, deux projets lui étaient présentés : l'un par M. Grouvelle, qui se propose de produire la ventilation par aspiration au moyen d'un fourneau spécial d'appel ; l'autre, par M. Farcot, qui emploie des ventilateurs destinés à insuffler ou à refouler de l'air dans les salles.

Elle a donné la préférence à ce dernier projet, qui lui paraît assurer la régularité de la ventilation, indépendamment de toute variation de température et de la plus ou moins grande exactitude que les chauffeurs apporteraient à leur service.

Je ne puis que reconnaître la sagesse de ces motifs : mais, avant d'aller

de mettre en présence les deux projets les mieux étudiés, et d'appliquer l'un, celui de M. L. Duvoir-Leblanc, chauffant à l'eau chaude et ventilant par aspiration, à trois des pavil-

---

plus loin, je crois devoir appeler votre attention sur les bases mêmes qui ont été admises dans le programme du concours. La condition posée aux concurrents était d'assurer :

1° Une ventilation continue d'air chaud pendant l'hiver et d'air froid pendant la saison chaude à raison d'au moins 20 mètres cubes par lit et par heure dans les salles de malades; et 2° une ventilation, pendant le jour seulement, dans les chauffoirs à raison de 10 mètres cubes par lit du pavillon correspondant.

J'ai été étonné, je l'avoue, de l'exiguïté des quantités d'air à renouveler qui ont été ainsi demandées pour un aussi vaste hôpital, destiné à servir de modèle à l'amélioration si désirable de tous les autres. Des expériences qui avaient une précision suffisante, et que j'ai faites en 1847 à l'hôpital Beaujon, ont montré que, dans le pavillon Clémentine, les appareils de chauffage et de ventilation simultanés produisaient, par lit et par heure, une aspiration d'environ :

66$^{m.c}$ au rez-de-chaussée,
60 6 au premier étage,
42 » au deuxième étage.

Cette ventilation abondante a produit sur l'état hygiénique du pavillon les résultats les plus favorables, et cependant elle n'est pas encore suffisante pour enlever toute mauvaise odeur, lorsqu'il y a des blessures et des opérations graves.

Il me semble donc résulter de ces faits que le minimum du volume d'air à enlever aurait dû être fixé à *soixante* mètres cubes, par lit et par heure, dans les salles, et à *vingt* mètres cubes, par lit et par heure, dans les promenoirs, ce qui est plus que double de la quantité demandée au programme.

Il serait regrettable qu'au moment où l'administration municipale de Paris va réaliser un perfectionnement si désirable dans le service des hôpitaux, il ne fût introduit que d'une manière incomplète et avec une parcimonie aussi fâcheuse.

Il résulterait certainement de l'augmentation de la ventilation un accroissement de dépense; mais, outre qu'il ne serait pas proportionnel au volume d'air, il faut songer qu'il ne s'agit pas ici d'une question d'argent, mais bien d'une question d'humanité; et, d'ailleurs, la plus grande rapidité des guérisons, la diminution de la durée du séjour dans les hôpitaux, la moindre gravité des maladies ne tarderaient pas à fournir, au point de vue financier seulement, une ample compensation à cet accroissement de dépenses.

Je crois donc, monsieur le Ministre, abstraction faite de toute considération des différents systèmes proposés, devoir vous prier d'exiger que le minimum des volumes d'air expulsé par lit des salles de malades soit fixé à 60 mètres cubes, et pour les promenoirs à 20 mètres cubes, avec obligation de doubler cette quantité dès que l'administration en recon-

lons; l'autre, celui de MM. Farcot, Thomas et Laurens, avec chauffage à la vapeur et poêles à eau de M. Grouvelle, ventilant par insufflation, aux trois autres pavillons. J'insistai pour qu'une grande expérience nous apprît d'une manière

---

naîtrait la convenance ou la nécessité, sans que la dépense excédât, dans une proportion donnée (20 pour 100 par exemple), la dépense normale.

Quant aux systèmes eux-mêmes, je reconnais avec la commission municipale qu'il convient d'assurer le service de la ventilation indépendamment de celui du chauffage : mais s'ensuit-il qu'il y ait lieu de préférer la ventilation mécanique à la ventilation par la chaleur, et, dans ce dernier cas, que la ventilation mécanique par pulsion ou refoulement de l'air dans des conduites de plusieurs centaines de mètres de développement soit préférable à la ventilation mécanique par appel? Je l'ignore complétement, et, en l'absence de documents authentiques et comparables au cas présent, je ne puis m'empêcher d'avoir des doutes sérieux.

Je crains surtout que, la pression produite par le ventilateur allant sans cesse en décroissant depuis l'origine des conduites et du premier pavillon au dernier, il n'y ait dans la ventilation une très-grande irrégularité malgré les dispositions prises pour l'éviter.

Faut-il, en outre, malgré l'avantage que présente un seul appareil de chauffage et de ventilation, courir les risques de voir, par un simple dérangement de cet appareil double en partie, le service de tout l'hôpital interrompu? Je vous avoue que je ne le crois pas.

Enfin, en présence d'un système, celui de M. Léon Duvoir, qui fonctionne convenablement, qui a pour lui la sanction de grands et nombreux succès, qui le premier a satisfait aux conditions d'une abondante ventilation au moyen de laquelle depuis cinq ans bientôt les déplorables accidents qui se produisent si souvent dans les autres hôpitaux et dans les autres pavillons de l'hospice Beaujon ont presque complétement disparu, de celui qui en est pourvu, et dont les irrégularités ne sont imputables pour la plupart qu'à des négligences qui résultent d'un défaut de surveillance et pourraient être évitées par des moyens divers de contrôle, est-il sage de tenter, sur une aussi vaste échelle, l'expérience d'un système en apparence plus rationnel, mais qui n'a pas été éprouvé dans les conditions auxquelles il se trouverait soumis? C'est une question que je ne puis prendre sur moi de résoudre affirmativement jusqu'à plus ample information.

S'il ne s'agissait que de faire un essai comparatif sur l'un ou l'autre des bâtiments, ou même sur la moitié de part et d'autre, je n'hésiterais pas, parce que, sans me préoccuper des intérêts financiers, je ne verrais dans cette tentative, qui dans les deux cas assurerait, au moins à peu près, des deux côtés une amélioration considérable, qu'une grande expérience dont le résultat final, en apportant au régime des hôpitaux une immense amélioration, donnerait des moyens sûrs de la généraliser.

C'est à vous, monsieur le Ministre, qu'il appartient d'apprécier toute l'importance de la question à ce point de vue général, et de ne pas la circonscrire à l'hôpital du Nord.

Quant à moi, par les motifs que je vous ai signalés, et d'après le peu de temps que je puis à présent consacrer à cette importante question, obligé

certaine si l'on pourrait parvenir à ventiler, à assainir, non pas seulement l'hôpital Lariboisière, mais tous les hôpitaux de France, nos casernes, nos ateliers, avec une dépense minime par rapport aux résultats qu'elle produirait, en diminuant les causes de maladie et de mortalité, si nombreuses dans tous les lieux de réunion.

Cette solution fut approuvée par le ministre, et c'est à cette circonstance que sont dus l'établissement simultané des deux systèmes qui fonctionnent à l'hôpital Lariboisière, et la facilité que nous avons eue de les comparer dans des conditions à très-peu près identiques.

J'avais en même temps demandé qu'une commission, composée d'hommes compétents et offrant toutes les garanties d'indépendance, fût constituée pour suivre et observer la marche et les effets de ces appareils sous tous les points de vue; mais cette dernière proposition n'eut pas de suite, et l'administration se contenta de faire constater purement et simplement si les conditions prescrites par le texte des marchés avaient été satisfaites. Sans le zèle de quelques observateurs habiles, la comparaison eût encore été impossible en 1860.

J'ai précédemment analysé et discuté les résultats obtenus dans les pavillons chauffés à la vapeur et ventilés par insuf-

---

de partir dans deux jours pour accomplir une mission, en présence des opinions émises par mon savant confrère M. Regnault, je ne puis exprimer que des doutes sur l'opportunité qu'il y aurait à adopter d'une manière absolue la solution qu'il croit préférable et sur l'efficacité de laquelle l'expérience n'a pas prononcé. J'aimerais mieux, je l'avoue, augmenter un peu les dépenses à la charge de la ville de Paris, et mettre en présence les deux systèmes opposés, en donnant la moitié du service à chacun d'eux : la concurrence les maintiendrait dans le meilleur état possible, et avant peu le gouvernement serait en mesure d'opérer avec certitude et de doter tous les hôpitaux et toutes les casernes d'une immense amélioration.

Je conclus donc à ce que les appareils de M. Léon Duvoir-Leblanc soient adoptés pour trois des bâtiments de l'hôpital du Nord, et ceux de MM. Farcot, Grouvelle, Thomas et Laurens pour les trois autres.

L'avenir décidera quel est celui des deux systèmes dont l'emploi doit être généralisé.

flation. Les mêmes observateurs, M. Grassi, MM. Trélat et H. Péligot et, depuis eux, MM. Leblanc et Ser, nous fourniront des résultats d'observations sur l'autre système. J'y joindrai ceux des expériences que j'ai fait exécuter moi-même.

282. *Expériences de la commission de réception des appareils de l'hôpital Necker.* — Mais, avant de discuter ces résultats, il me paraît utile de reproduire textuellement la plus grande partie du rapport adressé, le 3 août 1853, à M. le directeur général de l'Assistance publique sur les appareils de chauffage et de ventilation établis à l'hôpital Necker par M. L. Duvoir-Leblanc, par une commission composée de MM. Combes, membre de l'Institut; Leblanc (Félix), répétiteur à l'école Polytechnique ; Gauthier, architecte, membre de l'Institut, et Huvé, architecte.

Sans reproduire la description des appareils, que j'ai donnée plus haut à l'occasion de l'hôpital Lariboisière, je me bornerai aux résultats généraux des observations.

Mais il convient cependant de dire que, pour mesurer le volume d'air neuf fourni par les poêles, M. F. Leblanc, rapporteur de la commission, avait placé au-dessus de l'orifice pratiqué à leur partie supérieure un tuyau en tôle de même diamètre que cet orifice, et offrant par conséquent une section de passage un peu plus grande que la grille en laiton qui le recouvre.

Par cette disposition, la vitesse de passage à travers la grille se trouvait diminuée au débouché des filets fluides dans le tuyau, ce qui occasionnait une légère perte de force vive ou de travail moteur, sans grande influence sur les résultats.

L'anémomètre était placé à $0^{m},25$ du sommet du tube, dans son intérieur, ou à $0^{m},75$ au-dessus de la bouche, et par conséquent assez loin de cette bouche pour que le parallélisme des filets pût être considéré comme bien établi.

Ces expériences étaient donc faites dans des conditions qui permettaient d'atteindre le degré d'exactitude que l'on peut se flatter d'obtenir dans de semblables recherches.

283. *Ventilation générale d'hiver.* — « Cette ventilation, mesurée dans la grande cheminée d'appel général, dont la section était de 2 mètres carrés au niveau où l'anémomètre était placé, a donné des nombres qui ont oscillé entre les deux limites extrêmes, 15 000$^{m.c}$ à 16 500$^{m.c}$ par heure, soit 88 à 98$^{m.c}$ par heure et par lit.

« La température extérieure a varié de 2°,7′ à + 7°,2′.

« La température la plus élevée qu'ait présentée l'air versé dans l'enceinte, à la bouche même des poêles, a été de 30° à 31° centigrades. »

Ventilation partielle. — « Les mesures précédentes ayant été exécutées, on a procédé à plusieurs reprises, à des jours et heures différents, à des jaugeages partiels de l'air qui entrait dans les salles ou qui en sortait.

« Le jaugeage de l'air entrant par les poêles ou par les grillages du parquet aux étages supérieurs s'est fait avec facilité.

« Le jaugeage de l'air sortant a été plus pénible, en raison de la multiplicité des cheminées pratiquées dans l'épaisseur des murs et des défauts d'uniformité de section pour ces diverses cheminées. On a mesuré la section de chaque cheminée où l'anémomètre a été placé; et, d'après les résultats obtenus sur un certain nombre de cheminées, on a formé une moyenne qui, multipliée par le nombre des cheminées de chaque salle, a donné un chiffre suffisamment exact pour le volume d'air total expulsé de la salle.

« L'air sortant a constamment dépassé de beaucoup le chiffre de 60$^{m.c}$ par heure et par lit; on a constaté souvent 70 à 73$^{m.c}$..

« En général, les cheminées les plus éloignées de la cheminée générale d'appel débitent moins que celles qui en sont le plus rapprochées. La moyenne pour chaque salle a quelquefois atteint 90$^{m.c}$ par heure et par lit, et même 100$^{m.c}$. Les résultats maxima correspondent aux mesures prises au rez-de-chaussée. »

284. *Température dans les salles.*— « L'observation réitérée de la température dans les salles, pendant le jour, n'a jamais indiqué un chiffre inférieur à 15°, même lorsque la température extérieure était moindre que zéro. Elle était ordinairement maintenue à 16°; quelquefois même, et pour une température extérieure de peu supérieure à zéro, l'on a trouvé 18° à l'intérieur. »

285. *Volume d'eau chaude disponible.* — « Le jaugeage de l'eau chaude disponible dans une journée a donné une quantité qui n'était pas inférieure aux 2500 litres exigibles aux termes du marché. »

286. *Conclusions relatives à la ventilation d'hiver et au chauffage.* — « En résumé, l'on voit que les conditions du marché se sont trouvées remplies, et même dépassées, puisque constamment la température a pu être maintenue supérieure à 15° centigrades, et la ventilation notablement supérieure aussi au chiffre minimum de $60^{m.c}$ par lit et par heure imposé par l'administration. »

287. *Ventilation totale d'été.* — « Le jaugeage du courant d'air dans la grande cheminée d'appel général a donné en moyenne $11\,157^{m.c}$ d'air par heure, soit $69^{m.c},7$ par heure et par lit.

« L'expérience a été faite le matin, le feu n'étant pas poussé. »

288. *Ventilation partielle.* — « Le jaugeage de l'air d'entrée a donné $49^{m.c}$ à $59^{m.c}$ par heure et par lit.

« La ventilation dans les cheminées partielles n'a pas été moindre de $63^{m.c}$ par heure et par lit; elle a souvent atteint et même dépassé $70^{m.c}$.

289. *Conclusions.* — « En résumé, la commission est d'avis que les effets produits par les appareils établis à l'hospice Necker par M. Léon Duvoir, sous le rapport de la température à maintenir dans les salles pendant l'hiver, et sous le

rapport de la ventilation, satisfont aux conditions du marché de ce constructeur, et qu'il en est de même de la ventilation d'été.

« Les expériences relatives au jaugeage de l'eau chaude disponible pour le service des malades pendant une journée ont démontré que les conditions du marché du constructeur étaient également remplies à cet égard.

« Paris, le 3 avril 1853.

« *Signé :* Ch. COMBES. *Signé* : E. PÉLIGOT.

« *Signé :* F. LEBLANC. »

On voit par ce rapport que le système de ventilation par appel au moyen de la circulation de l'eau chaude est susceptible d'assurer, l'été comme l'hiver, un renouvellement régulier de l'air, tant par l'arrivée de l'air nouveau que par l'extraction de l'air vicié.

290. *Expériences faites à l'hôpital Lariboisière.* — On doit à M. Grassi, pharmacien, une série nombreuse d'observations faites avec soin sur les appareils de chauffage et de ventilation établis d'après le même système et par le même constructeur à l'hôpital Lariboisière. Ces expériences, qui ont fait le sujet d'une thèse pour le doctorat en médecine, présentée par cet auteur le 6 juin 1856, ont été publiées d'abord sous le titre de *Thèse*, et ensuite dans les *Annales d'hygiène*. J'en reproduirai ici la plupart des résultats.

291. Dans ses expériences, M. Grassi s'est proposé d'abord d'étudier la ventilation sans chauffage, ou ventilation d'été, et la ventilation avec chauffage, ou ventilation d'hiver.

Il a mesuré à l'aide d'anémomètres :

1° Le volume d'air entré par les poêles;

2° Le volume d'air sortant par les canaux d'évacuation;

3° Celui qui s'échappe dans le même moment par la cheminée d'appel.

Examinons et discutons ces résultats ; mais indiquons d'abord comment l'auteur a opéré pour les poêles.

Voici ce qu'il dit[1] : « Pour mesurer le volume d'air entrant par les poêles, je plaçais l'anémomètre dans un grand tuyau en tôle, formé d'un tronc de cône surmonté par un cylindre. La grande base du tronc de cône s'adaptait exactement sur l'ouverture circulaire des poêles. Le diamètre de la partie cylindrique du tuyau servant aux grands poêles est $0^m,297$; l'anémomètre fixé dans l'axe était à $0^m,70$ de l'ouverture du poêle. Pour les petits poêles, la partie cylindrique du tuyau à $0^m,283$; l'anémomètre est à $0^m,50$ de l'orifice. »

Or, pour tirer des expériences de M. Grassi et de celles de MM. E. Trélat et H. Péligot, qui ont été exécutées avec le même dispositif, tout le parti que méritent ces observations, faites avec soin, il importe de remarquer tout d'abord que, dans les grands poêles de ces pavillons, il y a, pour le passage de l'air, un tuyau central de $0^m,40$ et 12 petits tuyaux de $0^m,10$ de diamètre, présentant une section totale de passage égale à $0^{m.q},22$; mais, d'une autre part, l'orifice supérieur du couvercle du poêle a $0^m,55$ de diamètre, ce qui correspond à une surface égale à $0^m,2376$, qui est recouverte par une grille en laiton, dont les maillons diminuent l'orifice d'écoulement de $0^{m.q},0734$ environ, et le réduisent en définitive à $0^{m.q},1642$.

Ainsi, par la dimension donnée par le constructeur à ce débouché au sommet du poêle, l'aire de passage à travers les poêles se trouve réduite dans le rapport de $\frac{0,1642}{0,2200} = 0,75$ environ, et se trouve pour les quatre poêles égale à................. $0^{m.q},6568$;

et pour le petit poêle de la chambre à deux lits, dont l'orifice se trouve ainsi réduit à........... $0^{m.q},0326$.

Total................. 0,6894.

[1] *Annales d'hygiène*, tome V, pages 199 et 200.

tandis que les tuyaux des 19 cheminées d'appel, qui ont chacune $0^{m},23$ sur $0^{m},23$, offrent pour l'évacuation une section totale égale à $0^{m},23 \times 0^{m},23 \times 19 = 1^{m.q},005$.

Le constructeur a donc, fort à tort, réduit démesurément les passages d'arrivée de l'air, et il y aurait lieu de modifier les ouvertures des poêles, pour les rendre au moins égales, et même supérieures, à la somme des sections de passage à travers les tuyaux réchauffeurs des poêles.

Mais, outre cette réduction du débouché de l'air par les poêles, l'appareil employé par M. Grassi en a introduit une autre dont il importe de tenir compte, pour rectifier les conséquences qu'il a tirées de ses observations. En effet, le tuyau cylindrique dans lequel M. Grassi a placé l'anémomètre pour les grands poêles n'avait que $0^{m},297$ de diamètre, ce qui n'offrait qu'une section de passage de $0^{m.q},0613$; de sorte que, dans toutes les expériences faites sur les grands poêles, la section dans laquelle on a placé l'anémomètre, et par laquelle on a multiplié la vitesse observée, a été, par suite du dispositif employé, réduite dans le rapport de $\frac{0^{m.q},0613}{0^{m.q},1642} = \frac{1}{2,68}$.

Or, comme on réduisait ainsi l'orifice d'écoulement sans que la pression extérieure ni la pression intérieure dans la salle variassent sensiblement; que l'on n'opérait à la fois que sur un seul poêle, les autres restant libres, il s'ensuit nécessairement que tous les résultats des expériences faites par M. Grassi sur les volumes d'air fournis par les grands poêles doivent être augmentés dans un certain rapport.

Dans un premier examen de ces expériences, et n'ayant pas encore eu la facilité ni le temps de faire des expériences directes, nous avions d'abord pensé que cette augmentation devait être faite dans le rapport même des sections ou de 2,68 à 1,00, ainsi que cela serait exact pour d'autres cas analogues. Mais des expériences spéciales faites avec un tuyau des proportions indiquées plus haut nous ont montré que cette évaluation était trop forte, et que les résultats obtenus par M. Grassi, ainsi que ceux de MM. Trélat et Péligot, dont

nous parlerons plus loin, devaient être seulement, mais au moins, multipliés par 1,40, pour donner les volumes d'air réellement fournis par les poêles.

Il n'en est pas de même des expériences faites sur les petits poêles des chambres à deux lits, parce que, pour ces poêles, l'aire de section du tuyau employé pour y placer l'anémomètre était égale à $0^{m.q},0628$, tandis que l'aire du débouché par les couvercles de ces poêles n'était que de $0^{m.q},0326$; il n'y avait donc alors aucune gêne à l'écoulement, qui se faisait seulement avec moins de vitesse qu'au passage par les poêles, ce dont l'anémomètre tenait compte.

En même temps qu'il observait le volume d'air entré par les poêles, M. Grassi mesurait aussi le volume d'air qui s'échappait par les cheminées d'évacuation, et les résultats de ses expériences, modifiés quant au produit des poêles d'après l'observation précédente, conduisent aux conséquences suivantes :

DATES.	SALLES.	VOLUMES D'AIR PASSANT		
		par les quatre grands poêles.	par le poêle de la chambre à 2 lits.	par lit et par heure.
		m.c.	m.c.	m.c.
Du 4 au 5 oct., à 11 h. 30′.	Rez-de-chaussée, salle Sainte-Eugénie..................	986,2	»	27,9
— à 1 h. 25′.	1er étage, salle Sainte-Élisabeth.	747,»	»	
— Id.	2e étage, salle Sainte-Anne....	»	139,3	
		1733,2	139,3	69,6
		1872,5		
Du 7 au 14 oct., à 11 h..	Rez-de-chaussée, salle Sainte-Eugénie..................	1179,4	77,7	
Du 20 au 21 oct., à 11 h. 30′.	1er étage, salle Sainte-Élisabeth.	1485,8	86,4	
Du 15 au 26 oct., à 11 h. 15′.	2e étage, salle Sainte-Anne....	897,1	»	
		3562,3	164,1	42,0
				37,1
		3726,4		
Du 9 au 30 oct., de 10 h. 30′ à 2 h. du matin.......	Rez-de-chaussée, salle Sainte-Eugénie..................	814,4	»	
	1er étage, salle Sainte-Élisabeth.	1028,2	79,2	39,4
	2e étage, salle Sainte-Anne....	1477,3	78,5	
		3319,9	»	34,6
		3477,9		
	Moyennes.......	....		41,7

VENTILATION SANS CHAUFFAGE.

VOLUMES D'AIR SORTANT PAR LES CHEMINÉES			VOLUMES D'AIR SORTIS par la cheminée centrale.		TEMPÉRATURES				EXCÈS de la température de la cheminée sur la température extérieure.
par les dix-huit orifices de la salle.	par l'orifice de la petite chambre.	par lit et par heure.	TOTAL.	par lit et par heure.	extérieure.	Intérieure des salles.	de l'air des poêles.	au bas de la cheminée.	
m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.					
2996,6	237 »				14°,2	18°,8	23°,0	34°,5	20°,3
1969,9	896,4				14°,2	18°,0	18°,2	34°,5	20°,3
1877,7	139,4				14°,2	19°,0	19°,0	33°,9	19°,7
6844,2	1272,8								
8117 »		79,2	8884,8	87,1					
2831,7	151,9				14°,0	17°,5	21°,0	»	»
3043,6	109,4				6°,0	14°,4	13°,0	32°,5	26°,5
1717,2	73,7				10°,0	15°,4	14°,6	30°,0	20°,0
7592,5	335,1								
7927,6		82,6							
2041,2	140,4				9°,5	14°,0	15°,5	22°,0	12°,5
2520,7	68,4				8°,3	14°,0	»	22°,0	13°,7
1479 »	70 »				8°,3	14°,0	»	22°,0	13°,7
6310,9	298,8								
6609,7		68,8	8028 »	78,7					
....		77 »	....	82,9					

292. *Observation.* — On remarquera que, dans la première expérience, les poêles du deuxième étage n'auraient ie n fourni. Il est très-probable que quelque circonstance accidentelle aura troublé l'expérience sur ces poêles, puisque les cheminées d'évacuation de cet étage débitaient encore à peu près le même volume d'air que celle des deux autres.

Dans les expériences des 13-14 et des 29-30 octobre, les volumes d'air écoulés par les poêles n'ont pas non plus présenté beaucoup de concordance, ce qui tient sans doute à ce que la circulation d'eau n'y était pas bien réglée.

Il y a lieu, en outre, de remarquer que le volume d'air sortant a été trouvé, dans ces deux expériences, supérieur à celui de l'air fourni par les poêles, ce qui doit tenir à des rentrées d'air par les portes et par les fenêtres.

Il faut aussi faire une observation analogue quant au volume d'air sorti par la cheminée centrale, qui, étant toujours chauffée à 30° au moins dans le bas, produisait une dilatation de l'air qui la traversait.

En résumé, ces expériences, malgré les irrégularités assez grandes qu'elles présentent, conduisent, d'après leur ensemble, aux résultats suivants :

Ventilation de nuit au mois d'octobre 1855 :

Volume d'air passant par les poêles, par heure et par lit.. $41^{mc},7$

Volume d'air sortant par les cheminées d'appel, par heure et par lit.............................. 77 ,0

Volume d'air sortant par la cheminée centrale, par heure et par lit, à 30°.......................... 82 ,9

Il s'ensuit donc que la ventilation d'automne, sans chauffage, a été réellement efficace, et qu'elle a notablement dépassé le volume exigé par les marchés.

Ce résultat est aussi favorable que celui que l'on avait observé à l'hôpital Necker, et qui avait été de $69^{m.c},7$ par heure et par lit.

293. *Expériences de MM. E. Trélat et H. Péligot.* — MM. Trélat et H. Péligot ont aussi exécuté de nombreuses séries d'expériences avec les mêmes instruments, et leurs résultats conduisent aux chiffres suivants :

VOLUMES D'AIR SORTIS PAR LES CHEMINÉES D'APPEL.

DÉSIGNATION.	DATES.	TOTAL.	PAR LIT ET PAR HEURE.
		m. c.	m. c.
Pavillon n° 1	9 avril 1856	7,684.1	76.5
— n° 3	2 avril 1856	4,990 2	49.9
— n° 5	8 avril 1856	6,981.2	66.4
		19,655.6	64.3

Le pavillon n° 3 étant disposé d'une manière identique aux deux autres, il est évident que si les expériences faites sur ce pavillon le 2 avril ont fourni des résultats moins favorables que ceux des autres pavillons, les 8 et 9 avril, cela ne peut être attribué qu'à une négligence du chauffeur ou à un mauvais règlement de la circulation de l'eau. Cette observation se reproduira d'ailleurs dans toutes les expériences comparatives faites sur ces trois pavillons.

En moyenne générale, ces expériences indiquent une ventilation effective de $64^{m.c},3$ par heure et par lit.

Les observations faites par ces expérimentateurs sur les volumes d'air fournis par les poêles ne leur ont pas donné de résultats réguliers ni favorables. Ainsi, en y introduisant, même pour les volumes d'air fournis par les poêles des salles, la modification indiquée au n° **291**, et qui consiste à multiplier par 1.40 les résultats directs des observations sur les poêles des salles, ces résultats peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

VOLUMES D'AIR INTRODUITS PAR LES POÊLES EN UNE HEURE.

DÉSIGNATION.	PAVILLON N° 1. 9 AVRIL 1856. VOLUMES D'AIR INTRODUITS				PAVILLON N° 3. 2 AVRIL 1856. VOLUMES D'AIR INTRODUITS				PAVILLON N° 5. 9 AVRIL 1856 VOLUMES D'AIR INTRODUITS			
	par SALLE.	PAR LIT.	par CHAMBRE à 2 lits.	PAR LIT.	par SALLE.	PAR LIT.	par CHAMBRE à 2 lits.	PAR LIT.	par SALLE.	PAR LIT.	par CHAMBRE à 2 lits.	PAR LIT.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
Rez-de-Chaussée	933,38	29,1	30,52	15,28	1021,05	31,9	111,0	55,0	1054,51	32,9	66,67	33,33
1er étage.....	1735,67	54,2	164,13	82,08	807,12	27,1	150,0	75,0	1432,14	44,7	84,74	42,37
2e étage......	1598,89	49,9	215,79	107,89	729,60	22,8	192,0	96,0	1045,95	32,7	284,24	142,12

L'examen de ce tableau montre d'une manière évidente combien la marche des appareils de chauffage était mal réglée pendant ces expériences. En effet, les appareils et les conduits de prise et d'arrivée d'air sont identiques dans les trois pavillons et dans tous les étages, et il est clair que les résultats obtenus avec l'un auraient dû l'être avec l'autre, si la circulation d'eau y avait été bien répartie, ce qui est toujours facile au moyen des robinets ou des soupapes mis à la disposition du chauffeur.

Les volumes d'air fournis par l'ensemble des poêles d'un même pavillon dans les trois salles varient le même jour du simple au double, et il en est presque ainsi d'un pavillon à l'autre.

De même, les volumes d'air introduits par les poêles des chambres à deux lits varient pour le pavillon n° 1 de 15$^{m.c}$,28 à 107$^{m.c}$,69 par lit, pour le pavillon n° 3 de 55 à 96 mètres cubes, et pour le pavillon n° 5 de 33$^{m.c}$,33 à 142$^{m.c}$,12.

Si l'on recourt aux minutes des états sur lesquels on a inscrit les expériences et que les auteurs ont eu l'obligeance de me communiquer, on trouve des divergences encore plus grandes, soit d'une salle à l'autre, soit d'un poêle à un autre dans la même salle, et elles ne suivent aucun ordre régulier.

C'est ce que l'on peut voir dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES DE MM. TRÉLAT ET PÉLIGOT SUR LES VOLUMES D'AIR ENTRANT PAR LES POÊLES DES PAVILLONS DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE VENTILÉS PAR APPEL.

DÉSIGNATION des étages et des poêles.	PAVILLON N° 1. 9 AVRIL 1856. VOLUME D'AIR FOURNI par poêle.		par lit.	PAVILLON N° 3. 2 AVRIL 1856. VOLUME D'AIR FOURNI par poêle.		par lit.	PAVILLON N° 5. 8 AVRIL 1856. VOLUME D'AIR FOURNI par poêle.		par lit.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
Rez-de-chaussée. 1	178,8	250,3	31,8	169,73	237,62	29,7	176,50	247,1	30,9
2	125,9	176,3	22,0	161,08	235,51	29,4	181,26	253,7	31,7
3	176,4	246,9	30,8	175,58	245,81	30,7	177,44	248,7	31,1
4	181,3	253,8	31,7	222,93	312,10	39,0	214,65	300,5	37,6
Total.	662,4	927,4	29,0	729,32	1021,05	31,9	749,85	1049,8	32,8
1er étage. 1	267,96	375,1	46,9	69,72	97,60	12,2	153,00	214,3	26,8
2	402,10	562,9	70,2	247,09	345,90	43,2	132,75	185,8	23,2
3	378,60	530,0	66,2	179,39	251,1	31,4	405,00	567,0	70,9
4	170,88	239,2	29,9	123,16	172,4	21,5	315,90	442,0	55,3
Total.	1219,54	1707,3	53,4	619,37	807,1	25,2	1006,65	1409,3	44,0
2e étage. 1	436,50	611,1	76,3	80,66	112,9	14,1	216,20	302,6	37,8
2	189,25	264,9	33,0	200,52	280,7	35,1	126,90	177,7	22,2
3	157,70	220,8	27,6	141,74	198,4	24,5	113,74	159,2	19,9
4	355,75	498,0	62,2	98,22	137,5	17,2	272,60	381,7	47,7
Total.	1139,20	1594,9	49,9	521,15	729,6	22,8	729,10	1020,7	31,9

Des anomalies telles que celles que signale ce tableau ne peuvent être, comme nous l'avons dit, que l'effet d'un mauvais règlement de la circulation d'eau ou d'un défaut de surveillance dans le service de l'entretien.

On sait, en effet, d'une part, que, dans les appareils de ce genre, il est facile de régler la circulation de manière que la température soit à très-peu près la même dans tous les récipients. Cela est d'abord la conséquence implicite de l'égalité de température généralement observée à tous les étages et dans tous les pavillons; et d'ailleurs les expériences spéciales que j'ai fait exécuter au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord, et dont il sera parlé au chap. IX, mettent le fait en complète évidence.

D'une autre part, tous les observateurs ont signalé, soit

dans les poêles, soit dans les conduits de circulation de l'air dans cet hôpital et ailleurs, l'influence de simples toiles d'araignée, qui suffisent pour arrêter presque complétement le passage de l'air.

Enfin, l'examen des plans montre que les conduits d'arrivée d'air extérieur sous les poêles ne sont ni également ni convenablement disposés partout.

La conséquence générale de ces réflexions, c'est que si les poêles bien réglés où l'air arrivait convenablement ont donné des volumes d'air aussi considérables qu'on peut le désirer, il suffirait d'une visite exacte des prises d'air et peut-être de quelques légères modifications dans les conduits, pour les amener tous au même degré de régularité.

Or, les observations de MM. Trélat et Péligot, multipliées, comme on l'a expliqué au n° **291**, par 1,40, ont donné, parmi beaucoup d'inégalités, les résultats suivants, que je choisis exprès parmi les plus favorables, et que je compare aux surfaces de chauffe des poêles, qui sont * :

Pour les poêles des salles.....	$7^{m.q},536$ de surface.
Pour les poêles des chambres à deux lits................	$2^{m.q},355$ —

Les volumes d'air maxima obtenus ont été pour les poêles des salles :

PAVILLON N° 1.

1er étage,	poêle n° 2...............	$562^{m.c}$	,90
—	poêle n° 3...............	530	00
2e étage,	poêle n° 1...............	611	10
—	poêle n° 4...............	498	00

* Les poêles des salles ont $1^m,50$ de hauteur et sont traversés par 12 tubes de $0^m,10$ de diamètre intérieur, et par un tube central de $0^m,40$ de diamètre intérieur. La surface d'échauffement de l'air appelé de l'extérieur est donc égale à

$$3,14\,(12 \times 0^m,10 + 0^m,4) \times 1^m,50 = 7,^{m.q}536.$$

Les poêles des chambres à deux lits ont $1^m,50$ de hauteur et sont traversés par cinq tubes de $0^m,10$ de diamètre intérieur. Leur surface d'échauffement de l'air appelé de l'extérieur est donc égale à

$$3,14 \times 5 \times 0^m,10 \times 1^m,50 = 2^{m.q},355.$$

PAVILLON N° 5.

1er étage, poêle n° 3...............	567	00
— poêle n° 4...............	442	00
	3211	90
Moyenne des maxima...........	533m·c,	

ce qui, pour la surface de chauffe de 7m·q,526, correspond à $\frac{533}{7.536}$ = 70m·c, d'air introduit par mètre carré de surface de chauffe.

Les poêles des chambres à deux lits ont donné pour volumes maxima d'air introduit :

PAVILLON N° 5.

1er étage.........................	164m·c,13	
2e étage.........................	215	79

PAVILLON N° 3.

1er étage.........................	150	00
2e étage.........................	192	00

PAVILLON N° 5.

2e étage.........................	284	24
	1006	16
Moyenne des maximas...........	203	23

Ce qui, pour leur surface de chauffe de 2m·q,355, correspond à $\frac{172.8}{2.355}$ = 86mc,33 d'air chaud introduit par mètre carré de surface de chauffe.

On doit faire remarquer que les grands poêles des salles ont au milieu un conduit de 0m,40 de diamètre, moins favorable à l'échauffement et par conséquent à l'introduction de

l'air que les tuyaux de $0^{m},10$ de diamètre dont les petits poêles sont exclusivement composés, ce qui peut expliquer l'avantage que ces derniers paraissent avoir sur les premiers.

Quoi qu'il en soit, les résultats précédents montrent que, dans la saison du printemps, où le chauffage est nécessairement très-modéré, si tous les poêles des salles avaient des arrivées d'air bien disposées et dégagées de tout obstacle, on pourrait obtenir une introduction d'environ 70 mètres cubes d'air par mètre carré de surface de chauffe, ou par salle, pour les quatre poêles :

$$4 \times 7^{m \cdot q},536 \times 70 = 2110 \text{ mètres cubes par heure,}$$

ou $$\frac{2110^{m \cdot c}}{32} = 65^{m \cdot c} \text{ par heure et par lit.}$$

Si ce volume d'air nouveau n'est pas atteint dans cette saison, cela ne tient donc ni au système, ni même aux proportions des poêles, mais simplement aux proportions insuffisantes des conduits de prise d'air, et surtout à des négligences dans l'entretien, défauts auxquels il serait facile de remédier.

On verra d'ailleurs plus loin que l'hiver, quand l'air extérieur, plus froid et plus dense, favorise encore davantage l'introduction, les volumes d'air admis dépassent notablement les chiffres déduits des observations du printemps.

294. *Expériences de M. Grassi sur la ventilation avec chauffage.* — M. Grassi a fait sur la ventilation avec chauffage des expériences analogues et sujettes, quant au volume d'air fourni par les poêles, à la même correction que les précédentes, sauf qu'alors l'air fourni par les poêles étant à une température moyenne de près de 40^{0}, tandis que la température des salles était de 16^{0} environ, pour ramener le volume d'air sorti des poêles à celui qu'il occupait dans les salles, il faut le réduire dans le rapport de $\frac{1 + 0,00366'' \times 16^{0}}{1 + 0,00366 \times 40} = 0,92$, et que dès lors, pour obtenir la vraie valeur du volume d'air

fourni par les poêles, il faut multiplier le résultat des observations de M. Grassi par $1.40 \times 0.92 = 1.29$.

Au moyen de cette observation, les résultats généraux obtenus par cet expérimentateur se ramènent aux suivants * :

Volume d'air entrant par les poêles par heure et par lit....................	41$^{m.c}$,32
Volume d'air sortant par les dix-neuf cheminées d'évacuation............	85 70
Volume d'air sortant par la cheminée d'appel............................	101 82

Ces chiffres, en ayant égard aux difficultés des expériences et à l'influence des températures, s'accordent assez bien pour montrer que la ventilation produite par les appareils dépasse de beaucoup ce qui avait été demandé par les marchés, et assure largement les besoins.

295. *Expériences de MM. Trélat et Péligot.* — Ces expérimentateurs, en observant successivement les volumes d'air sortis par toutes les cheminées d'évacuation dans chaque salle, ont obtenu les résultats suivants :

---

* *Annales d'hygiène*, tome V, n° 6, page 207.

EXPÉRIENCES DE MM. E. TRÉLAT ET H. PÉLIGOT SUR LES VOLUMES D'AIR ÉVACUÉS PAR LES CANAUX DE CHAQUE SALLE DES PAVILLONS DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE, VENTILÉS PAR APPEL.

NUMÉROS des orifices.	PAVILLON N° 1.						PAVILLON N° 3.						PAVILLON N° 5.					
	REZ-DE-CH.		1er ÉTAGE.		2e ÉTAGE.		REZ-DE-CH.		1er ÉTAGE.		2e ÉTAGE.		REZ-DE-CH.		1er ÉTAGE.		2e ÉTAGE.	
	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.	sud.	nord.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
1............	104,00	116,00	233,10	146,15	131,20	96,80	28,58	15,57	86,50	110,50	6,40	80,92	90.20	5,00	122,85	88,92	115,44	94,25
2............	94,00	115,20	171,68	168,62	»	116,00	112,34	21,90	106,98	32,00	40,00	11,33	67,65	82,50	159,12	129,20	56,55	92,00
3............	124,00	80.80	224,96	169,00	110,00	76,00	95,55	14,60	54,00	12,40	81,60	22,66	99,22	50,00	97,50	152,00	29,25	0,74
4............	136,00	130,80	209,22	229,40	187,60	153,60	129,88	73,00	120,00	17,20	81,70	108,12	139,40	70,00	165,36	167,00	184,08	139,46
5............	138,00	155,20	231,25	216,08	215.20	201,60	153,27	94,90	83,40	56,00	123,20	165,58	172,20	99,00	144,30	130,04	304,20	286,75
6............	107,20	138,00	180,50	211,64	139,20	196,00	113,88	115,40	108,00	48,00	104,90	110,50	141,45	76,50	154,05	152,76	277,00	288,50
7............	150,00	145,60	175,38	176,50	116,80	128,00	102,18	38,00	82,80	111,20	60.60	30,09	113,98	100,00	120,12	90,82	141,00	239,90
8............	120,00	91,20	192,40	220,52	84,00	144,00	159 90	73,00	135,00	23 20	50.5	53,04	141,45	106,50	144.30	211.28	155,00	108,78
9............	181,20	128,80	88,50	88,80	102,00	136,80	62,40	54,75	94,80	99,20	156,80	159,22	118,90	82,50	115,05	119,32	98,30	96,94
Chambre à 2 lits.........	26.16		205,13		112,70		140,43		253,73		125,25		0,00		23,63		218,87	
Volume moyen par orifice..	128,50	122,40	189,72	180,76	120,66	138,75	106,40	55,12	96,83	56,63	78,42	83,35	120,50	74,66	135,85	133,50	151,53	149,70
Volume total par côté....	1156,40	1106,60	1707,45	1626,81	1086,00	1248,80	957,96	491,12	871,48	509,70	705,76	741,16	1084,45	672,00	1222,63	1801,54	1363,82	1347,32
Volume total par étage...	2289,16		3529,39		2447,50		1589,61		1634,91		1572,17		1756,45		2687,60		2930,01	
Volume moyen par lit......	64,42		104,10		72,00		46,16		48,38		45,66		51,66		77,59		86,17	
	80,18						46,73						71,81					

296. *Conséquences des résultats précédents.* — L'examen de ce tableau signale, dans les résultats observés dans les trois pavillons, dans les trois étages d'un même pavillon et dans les divers conduits d'évacuation, où tout est à peu près identique, des divergences, des anomalies qui ne peuvent être attribuées qu'à des défauts partiels d'exécution, et bien plus probablement encore, pour la plupart, à des défauts de soins, de surveillance et d'entretien.

Ainsi le pavillon n° 3 fournit toujours, et non-seulement dans ces expériences comme dans les précédentes, mais dans toutes celles dont il sera parlé plus loin, des résultats très-inférieurs à ceux des pavillons n° 1 et n° 5, dont toutes les dispositions sont les mêmes que celles de ce pavillon et qui sont desservis par le même chauffeur.

D'un même côté du bâtiment, les volumes d'air évacués varient soit à un même étage, soit d'un étage à l'autre, dans des proportions énormes qui, évidemment, ne peuvent être influencées que par des circonstances accidentelles de l'ordre de celles que nous avons déjà signalées.

Il en est de même pour les chambres à deux lits, qui sont toutes identiques, et où les volumes d'air évacués ont varié depuis zéro jusqu'à 253$^{m.c}$,73 à l'heure.

Il ne semble donc pas permis de prendre une moyenne parmi tant de résultats si divergents, et quand la moyenne des volumes d'air évacués, par heure et par lit, est pour le

pavillon	n° 1.............	80$^{m.c}$,18
	n° 3.............	46$^{m.c}$,73
	n° 5.............	71$^{m.c}$,81

n'est-il pas rationnel de conclure que si le pavillon n° 1, malgré ses anomalies propres, a donné une évacuation moyenne de 80$^{m.c}$,18 par heure et par lit, les deux autres, qui ne diffèrent en rien quant aux appareils et aux détails auraient dû fournir le même résultat.

L'on verra d'ailleurs plus loin, qu'en tenant la main à ce que les appareils soient bien conduits, on peut, malgré une certaine infériorité permanente du pavillon n° 3, arriver à une plus grande uniformité.

Quoiqu'il en soit, la moyenne générale des résultats de ces expériences accuserait, malgré toutes les anomalies et toutes les négligences, une évacuation de $66^{m.c},24$ par heure et par lit, et comme rien n'est plus facile que de maintenir les appareils et le service à un état normal et régulier, il est évident que les dispositions actuelles, malgré leurs défauts, peuvent assurer une évacuation d'air vicié de $80^{m.c},00$ au moins par heure et par lit.

L'on ne saurait donc trop engager l'administration à faire examiner avec soin les dispositions de détail qui doivent être corrigées, et surtout à faire régulièrement visiter et nettoyer tous les conduits d'évacuation aussi bien que ceux d'introduction de l'air.

297. *Influence de l'ouverture des portes et des fenêtres.* — Dans le système de ventilation par appel, l'on pouvait regarder *a priori* comme évident que l'ouverture des portes et des fenêtres ne pouvait qu'accroître considérablement les effets de l'aspiration par les cheminées, mais qu'en même temps l'introduction de l'air par les poêles devait être sensiblement diminuée. En confirmant la seconde prévision, l'expérience a montré que l'influence de l'ouverture des portes et des fenêtres, loin de nuire à la ventilation et aux effets de l'aspiration par les cheminées d'évacuation, paraît au contraire l'activer d'une manière notable.

Les résultats suivants des expériences de MM. Trélat et H. Péligot, faites par un temps de pluie et de grand vent, mettent ce fait en évidence :

VOLUME D'AIR SORTANT PAR HEURE PAR LES ORIFICES D'ÉVACUATION DU PAVILLON N° 3.

NUMÉROS DES ORIFICES.	COTÉ SUD. — VOLUME D'AIR SORTANT quand la porte était FERMÉE.	COTÉ SUD. — VOLUME D'AIR SORTANT quand la porte était OUVERTE.	COTÉ NORD. — VOLUME D'AIR SORTANT quand la porte était FERMÉE.	COTÉ NORD. — VOLUME D'AIR SORTANT quand la porte était OUVERTE.
	m.c.	m.c.	m.c.	m.c.
1..................	115,44	420,65	94,25	430,10
2..................	56,55	346,50	92,00	318,92
3..................	29,25	346,00	0,74*	306,00
4..................	184,08	479,50	139,46	338,30
5..................	304,20	328,20	286,75	255,00
6..................	277,00	337,25	388,50	287,30
7..................	141,00	295,75	239,39	306,00
8..................	158,00	311,50	108,78	300,90
9..................	98,30	269,05	96,94	262,48
Moyenne par orifice...	151,53	370,49	149,70	311,66
Moyenne par lit......	85,24	208,40	84,20	175,31

* L'orifice n° 3 du coté nord a évidemment donné un résultat anormal quand la porte était fermée.

Moyenne générale :

Porte fermée, par heure et par lit...... 84$^{m.c}$,72

Porte ouverte, *id.* *id.*.......... 191$^{m.c}$,86

Accroissement de volume d'air occasionné par l'ouverture d'une porte.......... 107$^{m.c}$,14

Nota. Il y a lieu de remarquer que les orifices n°s 2 et 3, les plus voisins de la porte, et les orifices n° 9, les plus éloignés de chaque côté, paraissent, quand la porte est fermée, débiter notablement moins d'air que les autres, mais il faut observer que leurs conduits de jonction avec la cheminée d'appel sont plus longs que ceux des orifices ouverts dans le milieu de la salle.

L'ouverture des portes fait cesser cette irrégularité, et augmente dans la proportion de 1 à 2,26 le volume d'air évacué par la cheminée d'appel.

L'ouverture des fenêtres a une influence analogue, mais moins marquée, ainsi que le montrent les résultats suivants des expériences des mêmes observateurs :

PAVILLON N° 1.

Volumes d'air sortis par l'orifice n° 2, en une heure :

1° Toutes les portes et fenêtres fermées.........	119mc
2° Une fenêtre n° 2 adjacente ouverte...........	169
3° Les deux fenêtres adjacentes ouvertes.........	170
4° Les deux fenêtres en face ouvertes............	169
5° Les quatre fenêtres précédentes ouvertes......	163
6° Les deux fenêtres n° 4 ouvertes..............	162
7° Les deux fenêtres du fond de la salle ouvertes..	156
8° Toutes les portes et fenêtres fermées..........	118

Ces résultats montrent que l'ouverture des fenêtres voisines ou éloignées d'un orifice a une influence considérable sur le débit de cet orifice, et qu'elle l'augmente d'environ moitié en sus de ce qu'il est quand toutes les fenêtres sont fermées.

De l'ensemble de ces expériences il résulte donc que l'ouverture accidentelle ou permanente des portes et des fenêtres, loin de troubler l'action de l'aspiration, l'active à un degré très-sensible, tandis que l'on a vu l'effet contraire se produire dans le système de la ventilation par insufflation.

Il est d'ailleurs naturel de penser que ce résultat favorable est dû à l'énergie de l'aspiration produite par la cheminée, laquelle est bien supérieure dans ce système ; mais il s'ensuit aussi une conséquence importante pour la ventilation d'été, c'est que, dans le jour, quand le temps est chaud, la simple ouverture des portes est un moyen d'activer et même de régulariser la ventilation dans toute l'étendue des salles.

Quant à la ventilation de nuit, par les temps les plus chauds, où il convient cependant de tenir les portes fermées, on l'activerait beaucoup si l'on ménageait dans les salles des carneaux d'introduction de l'air analogues à ceux qui le

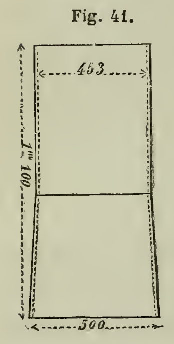
conduisent aux poêles, et qui, débouchant vers le plafond, fourniraient un supplément d'air considérable à la ventilation, pour laquelle l'arrivée de l'air par les poêles doit, dans cette saison, n'être pas suffisante.

298. *Expériences sur la ventilation d'hiver.* — Le volume d'air nouveau qui peut être introduit par les poêles à eau chaude par le seul effet de l'aspiration ayant été, comme on l'a vu plus haut, l'objet d'appréciations assez diverses, il m'a paru indispensable d'entreprendre une série d'expériences directes.

A cet effet, et pour ne laisser aux constructeurs aucun prétexte pour atténuer les conséquences des résultats, en même temps que pour être certain d'opérer sur ces appareils dans des conditions où ils pouvaient produire tout leur effet relativement à la saison où je voulais opérer, j'ai invité M. L. Duvoir à faire visiter tous les poêles et récipients, à les faire nettoyer et à régler la circulation de l'eau de manière qu'elle se fît avec toute la régularité possible.

Pour l'exécution même des expériences, l'on a employé un tuyau en zinc, dont la figure ci-contre indique les dimensions, et qui était terminé par une partie cylindrique de $0^{m},60$ de hauteur, et dont la section transversale égale à $0^{m.q}1611$ était à très-peu près la même que la somme des sections de tous les tuyaux des poêles, égale à $0^{m.q},1797$. L'on a enlevé les couvercles pour éviter les effets d'obstruction qu'ils occasionnaient, ainsi que toutes les chicanes qui existaient dans les poêles.

Fig. 41.



D'une autre part, l'on a veillé à ce que rien ne fût changé dans le mode habituel de chauffage et à ce que la température des salles ne dépassât pas celle de 15 à 16 degrés, qui est prescrite par les marchés, afin de ne pas donner à l'aspiration une énergie supérieure à celle qu'elle doit avoir habi-

tuellement. Dans le fait cette température n'a été, comme on le verra, que de 15 degrés.

L'on a eu d'ailleurs soin de ne laisser aucune porte ouverte d'une manière permanente, sans toutefois interrompre la circulation ordinaire.

Ces dispositions prises, l'on a fait successivement des observations sur chacun des quatre poêles de chaque salle du pavillon n° 3, et ensuite l'on a déterminé le volume d'air total écoulé par la cheminée générale d'appel.

Les expériences ont été répétées les 11 et 20 janvier 1861, et les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES FAITES A L'HOPITAL LARIBOISIÈRE SUR LES VOLUMES D'AIR ÉCOULÉS PAR LES POÊLES ET PAR LA CHEMINÉE GÉNÉRALE D'APPEL DU PAVILLON N° 3, CHAUFFÉ ET VENTILÉ PAR CIRCULATION D'EAU ET PAR APPEL, LE 11 JANVIER 1861.

EMPLACEMENT et désignation des poêles.	NOMBRE de tours de l'anémomètre en 1″	VITESSE de l'air en 1″	VOLUME d'air écoulé en 1 heure.	TEMPÉRATURES extérieure.	dans les salles.	dans les poêles.	VOLUME d'air écoulé total par salle.
		m.c.	m.c.				m.c.
Rez-de-chaussée 1...	5,33	0,61	353	— 5°	+ 15°	27°	2122
2...	9,76	1,00	580			30	
3...	11,36	1,14	661			32	
4...	8,71	0,91	528			34	
1er étage. 1...	3,86	0,48	278			25	1911
2...	10,21	1,04	603			26	
3...	7,63	0,81	468			31	
4...	9,41	0,97	562			32	
2e étage. 1...	4,58	0,54	313			26	2097
2...	11,16	1,13	655			22	
3...	11,43	1,15	666			21	
4...	7,55	0,80	463			33	
Total pour le pavillon......			61.0	......	......	......	6130
Chem. gén. d'appel...	14,18	1,39	12808	— 5	+ 15	19	

OBSERVATIONS. — Les numéros d'ordre des poêles indiquent leur position à partir de la porte d'entrée.

La section du tuyau dans lequel l'anémomètre était placé est égal à $0^{m.q},1614$.

Formule de l'anémomètre : $0^m.1392 + 0,08852$ N.

Section de la cheminée : $2^{m.q},360$.

LE 20 JANVIER 1861.

EMPLACEMENT et désignation des poêles.		NOMBRE de tours de l'anémomètre en 1″.	VITESSE de l'air en 1″	VOLUME D'AIR ÉCOULÉ EN 1″		TEMPÉRATURES		
				par poêle.	total par étage.	extérieure.	dans la salle.	dans les poêles.
			m. c.	m.c.				
Rez-de-chaussée	1...	5,93	0,66	382	2005	— 2°	15°	29°
	2...	9,55	0,98	529				32
	3...	9,17	0,95	551				32
	4...	9,05	0,94	543				35
1er étage.	1...	3,58	0,45	259	1751	— 2	15	19
	2...	9,78	1,00	580				23
	3...	8,03	0,85	489				28
	4...	6,75	0,73	423				30
2e étage.	1...	4,77	0,56	324	2130	— 2	15	25
	2...	11,48	1,15	666				33
	3...	12,85	1,28	741				28
	4...	27,6	0,69	399				32
Total pour les 3 étages					5886			
Cheminée générale.		12,50	1,24	10533		— 2	15	18[1]

1. Dans la cheminée générale.

299. *Conséquences de ces deux séries d'expériences.* — Les résultats consignés dans ces deux tableaux d'expériences montrent d'abord que les volumes d'air nouveau fourni par les poêles du pavillon n° 3, dans des conditions de chauffage très-modéré, ont été :

Au rez-de-chaussée...........	2122 mèt. cubes.	2005 mèt. cubes.
Au premier étage.............	1911 — —	1751 — —
Au deuxième étage............	2097 — —	2130 — —
Total pour les trois étages.	6130 mèt. cubes.	5886 mèt. cubes.
Moyenne des deux forces.....	6008 mèt. cubes.	

Il y a 32 lits par salle ou 96 pour les trois salles. Le volume d'air nouveau fourni par les poêles a donc été de $62^{m.c},58$ par heure et par lit.

Si le chauffage avait été conduit plus activement de manière à obtenir, comme cela arrive habituellement dans les

pavillons chauffés à la vapeur et ventilés par insufflation du même hôpital, une température de 19° dans les salles et surélevée à proportion dans la cheminée générale, il est incontestable que le volume d'air introduit aurait été encore plus considérable.

300. *Répartition de l'air aux différents étages.* — En examinant les volumes d'air totaux introduits à chaque étage, l'on reconnaît qu'ils s'approchent à peu près autant de l'égalité qu'on peut l'espérer dans de semblables circonstances.

301. *Comparaison des volumes d'air fournis par les différents poêles d'une même salle.* — L'on remarque, au contraire, des différences considérables entre les volumes d'air introduits dans une même salle par les différents poêles. Les poêles n° 1 à tous les étages ne donnent la plupart que 0,40 à 0,50 du volume fourni par les poêles n° 2 et n° 3, dont les produits diffèrent peu, et les poêles n° 4 fournissent seulement environ les 0,66 du produit des poêles n° 2 et n° 3.

Ce résultat, qui aurait pu être évité, provient des dispositions défectueuses prises pour faire arriver l'air à ces poêles, ainsi que nous l'avons indiqué au n° **279**. Il serait facile d'y porter remède.

Quoi qu'il en soit de ce défaut, qui n'est pas inhérent au système, l'on voit que le renouvellement de l'air par les poêles est abondant et régulier.

302. *Rapport du volume d'air introduit par les poêles aux températures extérieure et intérieure.* — Les tableaux montrent que dans les expériences du 11 janvier la température extérieure était de — 5° et la température intérieure des salles de + 15°; il en résultait une différence de 20°, qui produisait l'appel avec une énergie suffisante.

Sans vouloir pour le moment comparer les effets aux surfaces de chauffe, nous nous bornerons à faire remarquer que pour des températures extérieures plus élevées, la température des salles ne devant guère monter au delà de 18°,

l'appel des poêles diminuerait d'énergie et qu'il faudrait y remédier. Les moyens en sont faciles, puisque pour ces circonstances l'on peut augmenter dans des proportions considérables la surface de chauffe des récipients supérieurs d'appel, puis qu'on peut aussi augmenter les orifices d'admission de l'air extérieur, et joindre à leur action celles d'orifices auxiliaires spéciaux pour l'époque où règnent ces températures.

303. *Ventilation générale.* — Le résultat le plus remarquable de ces expériences c'est l'effet de la ventilation générale produite par la cheminée de ces pavillons, par suite de sa construction assez convenable et de l'action du récipient d'eau chaude, qui reçoit sans cesse l'eau envoyée par la chaudière.

L'on voit, en effet que l'on a observé l'écoulement des volumes suivants par cette cheminée.

Le 11 janvier 1860	12808$^{m.c}$	par heure,	température extérieure	—5°
Le 20 —	10533	—	—	—2°

Ces chiffres, pour des pavillons qui contiennent en tout 102 lits, correspondent respectivement à une extraction d'air des salles de 125$^{m.c}$,50 et de 103$^{m.c}$,20 par heure et par lit.

Si l'on se rappelle que M. Grassi a trouvé, en décembre 1855, par une température extérieure de + 4° et une température intérieure des salles de + 16°, une évacuation de 11664$^{m.c}$ et de 11160$^{m.c}$ par heure ou en moyenne de 111$^{m.c}$,78 par heure et par lit, l'on voit que, quoique les différences de température exercent sur cet appel une influence considérable, le volume d'air extrait des salles excède de beaucoup la limite de 60$^{m.c}$ par heure et par lit qui avait été fixée, chiffre que je ne regarde d'ailleurs que comme suffisant à peine pour l'assainissement.

304. *Expériences sur la ventilation du printemps à l'hôpital Lariboisière.* — Les résultats d'expériences que nous allons rapporter nous ont été communiqués par M. Guérin, ingénieur de la maison L. Duvoir. Ils ont été obtenus à notre

demande, du 2 au 18 avril 1861, par des températures très-variables, dont le chauffeur n'a pas assez tenu compte. La tare de l'anémomètre qui a été employé à ces expériences était, d'après les observations du constructeur de cet instrument, M. Neumann,

$$V = 0^{m},1567 + 0,107\,N.$$

Elle était probablement exacte quand il était neuf; mais l'ayant fait vérifier au Conservatoire à l'occasion d'autres expériences sur la ventilation d'été, faites aussi par la maison L. Duvoir, nous avons trouvé que la formule était alors :

$$V = 0^{m},16 + 0,0833\,N;$$

et c'est avec cette dernière formule que nous avons calculé les résultats des expériences qui nous étaient communiqués. Il en est résulté une réduction assez considérable pour les volumes d'air évacués; mais, quoiqu'elle soit peut-être un peu exagérée, nous croyons devoir maintenir les chiffres auxquels elle conduit, et qui d'ailleurs concordent assez bien, à différences égales dans les températures, avec ceux que nous avons obtenus l'hiver et l'été.

Les résultats de ces observations et du calcul sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION DE PRINTEMPS DANS LES PAVILLONS DE L'HOPITAL LARIBOISIÈRE VENTILÉS PAR APPEL, EXÉCUTÉES PAR M. GUÉRIN, INGÉNIEUR DE LA MAISON L. DUVOIR.

		PAVILLON N° 1.					PAVILLON N° 3.					PAVILLON N° 5.				
DATES. — AVRIL 1861.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	TEMPÉRATURE à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué par heure.	TEMPÉRATURE à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué par heure.	TEMPÉRATURE à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué par heure.
					m.	m.c.				m.	m.c.				m.	m.c.
9	7°	32°	25°	9,66	0,96	8256	32°	25°	7,2	0,76	6457	26°	19°	7,16	0,76	6457
10	9,25	30	20,75	7,50	0,78	6626	30,5	21,25	5,3	0,602	5114	29,5	20,25	7,67	0,80	6797
11	13	28	15	4,90	0,57	4843	30,25	17,25	3,9	0,485	4171	27	14	4,63	0,54	4588
12	11	29	18	7,90	0,82	6967	30,5	19,50	5,3	0,602	5114	28,5	17,5	7,60	0,79	6712
13	11	29	18	6,90	0,73	6202	31,5	20,50	5,3	0,602	5114	30	19	6,75	0,72	6117
15	12	31,5	19,5	7,10	0,75	6372	32	20	5,7	0,635	5395	32	20	7,16	0,75	6372
16	19	30	11	5,5	0,62	5267	32	13	4,5	0,535	4545	31,5	12,5	6,83	0,73	6202
17	18	40	22	7,6	0,79	6712	41	23	4,4	0,543	4613	37	19	6,15	0,68	5777
18	18	34	16	5,3	0,60	5098	37	19	5,2	0,593	5038	32	14	5,41	0,61	5682

Formule de l'anémomètre : $V = 0^{m},16 + 0,0833\,N$. || Aire de la section de la cheminée $A = 2^{m.c},36$.

305. *Examen des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Les observations dont les résultats sont consignés dans le tableau précédent montrent, comme les expériences de MM. Trélat et H. Peligot, et comme celles que nous rapporterons sur la ventilation d'été, que le pavillon n° 3, quoiqu'en général et en apparence identique aux pavillons n° 1 et n° 5, fournit toujours, toutes choses égales d'ailleurs, des résultats moins favorables que ceux-ci.

D'un autre côté, les températures extérieures ayant été très-variables du 9 au 18 avril, et le chauffeur n'ayant pas toujours réglé son feu de manière à obtenir des températures suffisamment élevées dans la cheminée, il en est résulté que la ventilation n'a pas alors atteint le volume convenable.

A part ces circonstances et malgré ces irrégularités, l'on voit que les volumes d'air extraits ont été en moyenne pendant les neuf jours,

Pour le pavillon n° 1 :

6260$^{m.c}$ par heure ou 61$^{m.c}$,37 par heure et par lit ;

Pour le pavillon n° 3 :

5066$^{m.c}$ par heure ou 49$^{m.c}$,67 par heure et par lit ;

Pour le pavillon n° 5 :

6023$^{m.c}$ par heure ou 59$^{m.c}$,06 par heure et par lit ;

Moyenne générale :

5783$^{m.c}$ par heure ou 56$^{m.c}$,64 par heure et par lit ;

et que l'excès de la température dans la cheminée sur la température extérieure n'a été en moyenne que de 18°,11, tandis que, pour assurer une évacuation de soixante et quelques mètres cubes, il faut que cet excès de température atteigne au moins en général vingt et quelques degrés. On voit d'ailleurs que l'infériorité du pavillon n° 3 étant générale en toute saison et tenant évidemment à quelque circonstance spéciale, et les deux autres pavillons donnant en moyenne

$60^{m.c}$,23, même avec une température trop basse dans la cheminée, il est donc facile d'assurer une évacuation d'air vicié supérieure à ce chiffre en apportant à l'état des appareils et à leur marche une surveillance convenable.

308. *Expériences sur la ventilation d'été à l'hôpital Lariboisière.* — Nous ne possédions sur la ventilation d'été dans cet hôpital aucun résultat d'expériences, et il est singulier que cette partie importante de la question ait été négligée par les observateurs; car si dans le jour l'ouverture des fenêtres est à la fois pour les malades une jouissance fort naturelle et un auxiliaire puissant de la ventilation, ce moyen d'assainissement ne saurait être admis pendant la nuit; c'est tout au plus s'il convient de laisser ouvertes les portes des extrémités des salles pour faciliter l'accès de l'air extérieur.

Il m'a donc paru indispensable de faire constater par des expériences spéciales les quantités d'air qui peuvent être évacuées dans les deux systèmes de ventilation employés dans cet hôpital.

A cet effet, et pour ne pas m'exposer à opérer dans des conditions rendues anormales par la négligence du chauffeur, j'ai invité l'ingénieur de la maison L. Duvoir à faire visiter ses appareils et à procéder lui-même pendant plusieurs jours à des expériences dont il me ferait connaître les données et les résultats, et que je me réservais de contrôler par des expériences de vérification faites dans des conditions analogues.

C'est ce qui a été exécuté avec soin dans les nuits du 5 au 22 août, et les données d'observation qui m'ont été fournies par M. Guérin sont consignées dans le tableau suivant. Mais, tout en admettant la complète exactitude de ces données, il m'a paru indispensable de vérifier la tare de l'anémomètre employé, parce que, depuis l'époque où il avait été livré par le constructeur, cette tare, déterminée par lui, pouvait avoir changé notablement, ainsi que l'expérience l'a du reste constaté.

La tare nouvelle trouvée au Conservatoire a conduit à la formule

$$V = 0^m,16 + 0,0833N \quad \text{en } 1'',$$

que l'on a appliquée aux données consignées dans le tableau suivant.

Toutes les expériences, à l'exception de celle du 7 août, ont été faites de nuit, entre onze heures du soir et minuit, les fenêtres étant fermées et les portes ouvertes. Celle du 7, au contraire, a été faite de jour, entre une et deux heures après midi, par un temps fort chaud et un vent assez fort, les portes et les fenêtres étant fermées.

Pour contrôler ces expériences, j'en ai fait exécuter d'autres dans des conditions aussi analogues que possible, le 31 du même mois et à la même heure de la nuit.

Pour toutes ces expériences, le chauffage du récipient était produit par les chaudières principales.

Les résultats de ces différentes observations sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION D'ÉTÉ DANS LES PAVILLONS DE L'HOPITA
LA MAISO

DATES. — AOUT 1861.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	PAVILLON N° 1.					PAVILLON N° 3.				
		TEMPÉRATURE à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué par heure.	TEMPÉRATURES à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR
					m.	m.c.				m.	m.c
5 N	20°,5	36°,5	16°,0	8,09	0,83	7179	40°,0	19°,5	7,54	0,79	680
6 N	17,0	37,5	20,0	8,65	0,88	7584	40,0	23,0	8,33	0,85	732
7 J	29,5	44,0	15,0	6,60	0,71	6119	44,5	15,0	5,46	0,61	525
8 N	20,0	40,5	20,0	6,33	0,67	5946	42,0	22,0	6,54	0,70	603
9 N	22,0	39,0	17,5	8,70	0,88	7484	42,0	20,0	7,08	0,75	646
10 N	20,0	38,5	18,5	8,20	0,84	7239	42,0	22,0	7,33	0,77	663
12 N	26,0	42,0	16,0	6,75	0,72	6205	46,0	20,0	6,71	0,72	620
13 N	18,0	40,0	22,0	8,60	0,87	7498	44,0	16,0	6,98	0,83	715
14 N	23,5	42,0	18,5	10,14	1,01	8604	44,0	20,5	7,33	0,77	663
16 N	16,5	40,0	24,0	9,64	0,96	8273	44,5	18,0	7,60	0,79	680
17 N	14,5	37,5	22,5	10,93	1,07	9221	39,0	24,5	8,09	0,83	716
19 N	15,0	37,0	22,0	10,04	0,99	8532	40,0	25,0	9,05	0,91	784
20 N	13,5	34,0	20,5	11,20	1,09	9394	37,0	23,5	10,30	0,98	792
21 N	13,5	34,0	20,5	11,00	1,08	9307	38,0	24,5	8,83	0,90	775
22 N	16,5	35,5	19,0	10,08	1,00	8618	38,0	21,5	7,83	0,81	698
MOYENNES DES EXPÉRIENCES											
»	18,3	38,1	19,8	»	0,93	7980	41,20	22,9	»	0,81	691
Volume d'air moyen évacué par heure et par lit						78,23					67,7
Volume d'air moyen évacué dans les trois pavillons par heure et par lit... 78,5											
EXPÉRIENCES DE VÉRIFICATION FAITE PAR LE CONSERVATOIR											
31°	16	37	21	10,64	0,95	8071	39	23	10,51	0,94	799
Volume d'air évacué par heure et par lit.						79,12					78,3
Volume d'air moyen évacué dans les 3 pavillons par heure et par lit......... 82,4											

LARIBOISIÈRE VENTILÉS PAR APPEL, EXÉCUTÉES PAR M. GUÉRIN, INGÉNIEUR DE L. DUVOIR.

PAVILLON N° 5.

TEMPÉRATURE à l'intérieur de la cheminée.	EXCÈS de la température intérieure de la cheminée sur la température extérieure.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en 1".	VITESSE DE L'AIR dans la cheminée.	VOLUME D'AIR évacué par heure.	OBSERVATIONS.
			m.	m.c.	
36°,5	16,0	9,57	0,96	8156	Formule de l'anémomètre : $V = 0^m,16 + 0,833N$.
36,5	19,5	9,12	0,92	7816	
44,0	14,5	7,91	0,82	6967 [1]	1. Expériences de jour faites entre une et deux heures ; forte chaleur ; vent assez fort.
41,0	21,0	9,16	0,92	7816 [2]	
38,5	16,5	10,12	1,00	8496	
38,5	18,5	9,75	0,97	8241	2. Atmosphère orageuse ; bourrasques.
44,5	18,5	9,41	0,94	7986	
39,5	21,5	11,21	1,09	9261	
40,0	16,5	10,81	1,06	9006	
39,0	22,5	12,56	1,21	10280	
36,0	21,5	12,46	1,20	10195	
»	»	»	»	»	3. Impossibilité d'opérer dans le troisième pavillon par suite du dégagement de vapeur et d'eau par la soupape de sûreté.
33,0	19,5	13,77	1,31	11130	
34,5	21,0	13,16	1,26	10705	
35,5	19,5	11,75	1,14	9685	
DE NUIT.					
40,9	22,6	»	1,07	9136	
				89,57	
DES ARTS ET MÉTIERS.					
36	20	12,50	1,08	9175	
				89,95	

307. *Conséquences des résultats des expériences précédentes.* — Si nous examinons d'abord l'ensemble des résultats des expériences de M. Guérin, nous reconnaissons que dans ces expériences, comme dans celles de MM. Trélat et H. Peligot, exécutées en 1856 dans des conditions différentes, le pavillon n° 3 a toujours fourni des résultats inférieurs à ceux des pavillons n° 1 et n° 5. Cette différence, que nous avons déjà signalée dans le Rapport sur les projets relatifs au Palais de justice *, dans les effets observés sur des appareils qui sont identiques dans leurs proportions et leurs dispositions, ne peut évidemment tenir qu'à quelque circonstance accidentelle ou à quelque négligence que l'administration devrait rechercher et faire cesser.

Quoi qu'il en soit, les résultats observés peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

RÉSULTATS MOYENS DES EXPÉRIENCES DE M. GUÉRIN.

	Pavillon n° 1	Pavillon n° 3	Pavillon n° 5
Excès de la température dans la cheminée sur la température de l'air extérieur..........	19°,8	22°,9	22°,6
Volume d'air évacué par heure et par lit	79m.c,80	67m.c,76	89m.c,57
Moyenne générale....	78m.c52 par heure et par lit.		

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE DE VÉRIFICATION FAITE PAR LE CONSERVATOIRE.

Excès de la température dans la cheminée sur la température de l'air extérieur..........	21°	23°	20°
Volume d'air évacué par heure et par lit....	79,12	78,37	89,95
Moyenne générale....	82m.c,48 par heure et par lit.		

Ces résultats présentent, dans leur ensemble, un accord aussi satisfaisant qu'on peut le désirer dans de semblables recherches, et prouvent que le système d'évacuation de l'air par appel, tel qu'il a été organisé à l'hôpital Lariboisière, par M. L. Duvoir est, malgré ses imperfections, capable d'extraire dans les nuits d'été, à l'époque des plus grandes chaleurs,

* Rapport sur le chauffage de la ventilation des bâtiments du Palais de justice, n° 49, page 56.

environ 80 mètres cubes d'air par heure et par lit, d'une manière régulière, à la seule condition que les récipients placés dans la cheminée d'appel seront chauffés de manière que l'air évacué s'échappe à une température de 20 à 22° au-dessus de celle de l'air extérieur.

Cette condition ayant pu être remplie pendant quinze jours de suite, au mois d'août 1861, par des températures extérieures de 20° et plus, il est évident que, quand elle ne l'est pas, cela ne tient qu'à de la négligence et à un défaut de surveillance.

508. *Comparaison partielle des résultats obtenus avec la température de* 37° *dans la cheminée.* — Si, au lieu de comparer l'ensemble des résultats obtenus par M. Guérin avec ceux de l'expérience de vérification, nous établissons la comparaison entre les expériences où la température de l'air évacué a été la même, c'est-à-dire de 37°, nous pourrons former le tableau suivant :

DATES.	DESIGNATION des pavillons.	EXCÈS de la température de l'air évacué sur celle de l'air extérieur.	VOLUME D'AIR EVACUÉ PAR HEURE.	
			Total.	Par lit.
			m.c.	m.c.
6 août	N° 1	20° 0	7584	74.35
	N° 3	23 0	7325	71.21
	N° 5	18 5	7816	76 62
17 août	N° 1	22 5	9221	90.39
	N° 3	24 5	7163	70.22
	N° 5	21 5	10195	99.95
19 août	N° 1	22 0	8532	83.64
	N° 3	25 0	7842	76.88
	N° 5	»	»	»
	Moyenne..	21° 1	8201	80.40
EXPÉRIENCE DE VÉRIFICATION DU CONSERVATOIRE.				
	N° 1	21° 0	8070	79.12
	N° 3	23 0	7996	78.37
	N° 5	20 0	9175	89.95
		21° 3	8414	82.48

Les résultats de ces expériences faites dans des conditions très-voisines de l'idendité concordent entre eux autant qu'on peut le désirer, et sont aussi d'accord avec lés résultats d'ensemble que nous avons rapportés plus haut. Ils conduisent donc aux mêmes conclusions.

309. *Observation relative aux défauts que présente l'installation des appareils.* — J'ai dit plus haut que le système de ventilation par appel établi par M. L. Duvoir à l'hôpital Lariboisière présentait des imperfections, malgré lesquelles il donnait des résultats encore supérieurs à ceux qui étaient exigés par les conditions des marchés. Parmi ces défauts, le principal est le peu de hauteur de la cheminée placée dans les combles, dont j'ai fait voir l'inconvénient en discutant les conditions théoriques d'établissements des appareils de ce genre.

Mais, outre ce défaut fondamental, le dispositif des récipients établis au bas de cette cheminée en présente plusieurs autres. Au lieu d'un récipient unique offrant à la fois la capacité et les surfaces de chauffe suffisantes, l'on a, sans doute successivement, élevé le nombre des récipients jusqu'à 17, offrant ensemble une surface de chauffe de $87^{m.c}$,53, qui n'est certes pas bien utilisée et qui aurait fourni des résultats bien plus satisfaisants, si elle avait été mieux distribuée.

L'on doit en effet remarquer que, dans les expériences du 19 août, au pavillon n° 5, il a été impossible de faire des observations dans la cheminée générale du pavillon, par suite d'une projection abondante de vapeur par la soupape de sûreté de l'appareil. Or, la soupape du récipient du pavillon étant soumise à la même charge que celle des autres, et la température maximum de l'air évacué par les cheminées, n'ayant pas dépassé 44°, il s'ensuivrait qu'avec la surface de chauffe de ces 17 récipients l'on ne pourrait, sans donner lieu à une évacuation de vapeur, obtenir une température supérieure à 44°; ce qui ne semble pas un résultat satisfaisant pour une aussi grande surface de chauffe.

Mais ce défaut, particulier aux appareils installés à l'hôpital Lariboisière, et malgré lequel ils ont fourni des résultats suffisants, ne saurait justifier une conclusion contraire au système de l'évacuation de l'air par appel.

Dans les notes qui m'ont été communiquées par M. E. Trélat je trouve des expériences qui n'ont pas été insérées dans le rapport qu'il a adressé à l'administration. Comme leurs résultats sont relatifs à la saison d'été et qu'ils montrent d'une manière évidente les conséquences du défaut de contrôle et de surveillance, je crois utile de les mentionner ici.

Le 25 août 1855, la température extérieure étant de 21 à 22°, celle de l'air dans la cheminée d'appel n'était que de 27°,5 à 28°,5 près des réservoirs, et de 25° seulement auprès de l'ouverture par laquelle on introduit l'anémomètre, ce qui prouve que les récipients étaient à peine chauffés, puisque dans les expériences relatées plus haut l'on a obtenu des températures de 40° et jusqu'à 44°.

Dans ces conditions, la température des salles était de 22°, 23°, 24°, quelques fenêtres étant ouvertes.

Malgré ces circonstances défavorables, l'on a trouvé, pour les volumes d'air évacués par les cheminées d'appel dans les pavillons, $58^{m \cdot c},64$, $43^{m \cdot c},12$ et $40^{m \cdot c},61$ par heure et par lit.

Ces volumes, quoiqu'insuffisants, sont encore supérieurs à celui qui a été trouvé dans nos expériences et dans celles de MM. Leblanc et Ser, sur le pavillon n° 4, ventilé par insufflation, qui, dans les conditions plus favorables d'une température extérieure de 16°, et avec la même température dans les salles, n'a fourni que $31^{m \cdot c},52$ d'air vicié évacué par heure et par lit.

La comparaison des résultats de ces expériences avec ceux que nous avons obtenus le 31 août 1861 montre l'influence de l'absence de contrôle sur les effets que l'on peut attendre de l'aspiration *.

---

* Je pourrais citer des exemples plus récents encore et bien plus frappants de l'absence de moyens commodes de contrôle. (Avril 1863.)

310. *Ventilation des lieux d'aisances.* — Cette partie de la ventilation, lors des visites que j'ai faites à l'hôpital Lariboisière, ne m'a pas paru suffisamment satisfaisante, ni aussi bien réglée qu'à l'hôpital Beaujon. Il y avait quelque odeur dans les cabinets, mais au moins les fenêtres y restaient fermées l'hiver. Il y a lieu de rappeler que ces cabinets sont placés à l'extrémité des bâtiments, et que le conduit d'appel des gaz, qui se rend à une cheminée particulière d'évacuation peu chauffée, est beaucoup plus long que les autres. Il serait facile d'en activer le tirage à l'aide d'un ou deux becs de gaz brûlant jour et nuit.

311. *Irrégularités dans le service.* — Le service du chauffage et de la ventilation est fait par abonnement. Ce mode a certainement des avantages, mais il a aussi ses inconvénients. L'entrepreneur ou ses agents sont naturellement conduits à restreindre le plus possible les dépenses et la consommation de combustible qui assure les effets des appareils.

En hiver, où l'on est obligé de maintenir dans les salles une température fixée et facile à constater à l'aide de thermomètres placés à leur intérieur, il suffit que cette condition soit satisfaite pour que la ventilation soit assurée, parce que les appareils sont précisément disposés pour utiliser, à cet effet, la chaleur de l'eau qui y circule. Mais dès le printemps, et surtout en été, où l'on ne chauffe plus les salles et où la température intérieure de ces locaux se rapproche beaucoup, et parfois complétement, de celle de l'air extérieur, le chauffage de la cheminée d'appel doit être conduit avec une attention toute spéciale, pour produire les effets de ventilation, qui ne sont constatés par aucun moyen de vérification ou de contrôle mis à la disposition de l'autorité, ni même du chauffeur.

Il n'est donc pas étonnant que cette partie du service présente des irrégularités et donne lieu quelquefois à des plaintes fondées, quoique les proportions des appareils soient convenables, au moins dans leur ensemble.

Il est cependant facile de remédier à ces inconvénients au moyen d'un anémomètre totalisateur.

312. *Conclusions des expériences faites sur les appareils de chauffage et de ventilation par circulation d'eau chaude du système de M. L. Duvoir-Leblanc.* — De l'ensemble et de la discussion des résultats d'expériences que je viens de rapporter, nous pouvons d'abord déduire les conclusions suivantes, quant aux appareils auxquels elles se rapportent :

1° Le chauffage des salles pendant l'hiver est régulier et la température y est maintenue au degré convenable et fixé, sans que des irrégularités dans la conduite du feu exercent une influence sensible.

2° Les prises d'air disposées symétriquement sur les deux faces du bâtiment et qui l'amènent directement sous les poêles, en assurent facilement l'arrivée pour ceux du milieu et moins bien pour ceux des extrémités des salles. Leur action est quelquefois troublée par les vents violents d'automne ou de printemps. Pour éviter ces inconvénients, il faudrait recourir aux moyens que nous avons indiqués au n° 278, ou à l'emploi de ventelles convenablement disposées.

Les sections de passage de l'air à travers les conduits de prise d'air et à travers les poêles sont un peu trop restreintes. Quelques conduits, et particulièrement ceux du pavillon n° 3, sont certainement défectueux et devraient être modifiés.

3° Le volume d'air nouveau admis par les poêles a été trouvé l'hiver de 62 mètres cubes environ par heure et par lit, à une température d'environ 30°. Il pourrait atteindre ce chiffre au printemps et à l'automne, à l'aide d'un chauffage modéré, si les conduits d'arrivée de l'air aux poêles étaient mieux disposés. L'été, il faudrait recourir à des ouvertures auxiliaires qui seraient faciles à établir dans l'imposte des fenêtres.

4° L'ouverture des portes et des fenêtres, loin de troubler la ventilation et de produire des retours d'air vicié dans les salles, active l'appel de l'air, rend l'évacuation par toutes les

cheminées plus régulière, et dans la belle saison, pendant le jour, facilite beaucoup le renouvellement général de l'air.

La seule ouverture des portes double le volume d'air évacué des salles.

5° Les lieux d'aisances pourraient être complétement ventilés par les dispositions adoptées, si une surveillance sévère était exercée sur cette partie du service. Il serait cependant utile de recourir à l'action auxiliaire de quelques becs de gaz placés dans les conduits d'appel, qui sont beaucoup trop éloignés des cabinets.

6° Il serait convenable, pour la ventilation d'été pendant la nuit, d'ouvrir des orifices auxiliaires d'introduction de l'air, dans les impostes au-dessus des fenêtres, avec persiennes mobiles dirigeant l'air vers le plafond, comme il a été indiqué précédemment. Une ouverture de $0^{m},15$ de hauteur sur $0^{m},50$ à $0^{m},60$ de largeur au-dessus de chaque fenêtre serait probablement suffisante.

7° Il est indispensable, pour assurer la régularité du service de la ventilation, d'établir des moyens de contrôle qui permettent de constater aussi facilement la marche de la ventilation que la température des salles.

315. *Conséquences générales des expériences.* — Outre ces conséquences spéciales aux appareils établis à l'hôpital Lariboisière, les expériences que nous venons de discuter montrent d'une manière évidente la grande influence que les différences de température exercent sur l'appel en même temps que la nécessité d'obtenir une différence à peu près constante en toute saison entre la température de l'air évacué et celle de l'air extérieur. Cette conséquence, tout à fait conforme aux principes de la théorie, est ici justifiée par l'expérience dans l'un des dispositifs de circulation d'air les plus compliqués que l'on puisse concevoir.

Elle s'applique d'ailleurs à tous les systèmes de ventilation par appel, et elle doit être la base de leur établissement.

C'est pour avoir perdu de vue cette nécessité que tous les auteurs de systèmes de ventilation par insufflation mécanique n'ont pu parvenir à donner, l'été, ni même l'hiver, une énergie convenable à l'évacuation de l'air vicié, quelque efficaces qu'aient d'ailleurs été les appareils sous le rapport de l'introduction de l'air nouveau.

314. *Des appareils de chauffage et de ventilation par insufflation de M. le Dr Van Hecke et Cie.* — L'administration de l'assistance publique pour les hôpitaux de Paris, et le ministère de l'intérieur à l'asile impérial du Vésinet, ont cherché à utiliser un système de chauffage par des calorifères à air chaud et de ventilation par insufflation mécanique proposé par M. le Dr Van Hecke, et des opinions fort controversables ayant été émises sur les qualités de ces appareils, j'ai été conduit à les étudier en détail pour me rendre compte de leurs effets.

315. *Description des appareils Van Hecke.* — Le système auquel M. le docteur Van Hecke a donné son nom consiste d'une part en un ou plusieurs calorifères à air chaud, composés, comme on le fait ordinairement, d'une cloche en fonte sur laquelle s'exerce l'action directe de la chaleur, et de tuyaux dans lesquels la fumée circule et perd une portion de sa chaleur. Cette partie des appareils ne présente rien de particulier, si ce n'est que les tuyaux des calorifères de M. Van Hecke sont ordinairement en tôle, ce qui lui permet, il est vrai, de les livrer à un prix modéré, mais ne vaut rien au point de vue de la durée, comme le savent les bons constructeurs, qui préfèrent avec juste raison l'emploi de tuyaux en fonte, dont la durée est beaucoup plus grande.

Ces calorifères, au lieu d'être entourés d'une maçonnerie de briques, destinée à former les conduits de circulation de l'air extérieur que l'appareil doit échauffer, sont simplement placés dans une portion des caves formant chambre à air et dans laquelle afflue de l'air extérieur, qui y est introduit en partie par l'action d'un ventilateur et en partie par l'effet de l'aspiration que produit la chaleur.

L'usage d'une semblable chambre à air, qui permet d'introduire et d'échauffer un volume d'air considérable dont la température n'atteint alors qu'un degré modéré, me paraît une disposition très-convenable. Mais il exige des dispositions particulières pour que dans cette chambre il se produise entre l'air extérieur qui y afflue sans cesse et celui qui s'est échauffé au contact des tuyaux, un mélange tel que celui qui s'échappe ait la température convenable.

Aucune disposition de ce genre n'existe dans les chambres à air établies dans les hôpitaux Beaujon et Necker par M. Van Hecke; mais, plus tard, éclairé par l'expérience des premières installations faites par lui à l'hospice du Vésinet, il a eu recours à une disposition ingénieuse, quoiqu'assez complexe, qui atteint à peu près le but et que je ferai connaître plus loin en parlant de cet établissement.

L'échauffement de l'air introduit dans les salles, ne suffisant pas pour assurer en tout temps l'évacuation de l'air vicié, et d'ailleurs le chauffage étant suspendu pendant une partie de l'année, M. Van Hecke a eu recours à l'emploi d'un ventilateur mécanique. La forme qu'il a donnée à cet appareil est celle d'une hélice discontinue à deux filets, dont les éléments mobiles peuvent prendre différentes inclinaisons sur l'axe de rotation, disposition à laquelle il a attribué, fort à tort, une grande supériorité sur les autres ventilateurs. L'effet des ventilateurs à hélice, connus depuis longtemps, est, comme on le sait, très-inférieur à celui des ventilateurs à palettes planes ou courbes. Des expériences spéciales exécutées au Conservatoire des arts et métiers, et dont les résultats ont été publiés dans les *Annales* de cet établissement ne laissent aucun doute à cet égard. Je ne crois pas nécessaire de les reproduire.

M. Van Hecke avait d'abord établi à l'hôpital Beaujon son ventilateur dans la cheminée générale d'évacuation de l'air vicié, où il agissait comme aspirateur, ce qui, sous tous les rapports, était la disposition la plus convenable. Plus tard, cédant peut-être à la faveur dont jouissait auprès de quel-

ques personnes le système de l'insufflation, il a déplacé son appareil et l'a établi dans les caves près de l'origine des conduits de prise d'air neuf. Cette modification ne me semble pas heureuse, ainsi qu'on en pourra juger par le peu d'effet que produit cet appareil.

Quoi qu'il en soit, à l'hospice Necker, ainsi qu'à l'asile du Vésinet, les ventilateurs de M. Van Hecke, agissent comme appareils d'insufflation.

L'ensemble de ce système n'est pas aussi neuf que M. Van Hecke paraît le croire, et dès l'année 1850 M. Péclet avait proposé pour les écoles, pour les petits hôpitaux et pour les prisons, de placer dans la cheminée d'évacuation de l'air vicié un ventilateur à axe vertical, garni de trois ou quatre palettes inclinées à 45° et qui recevrait un mouvement de rotation provenant soit de l'action d'un moteur, soit de celle d'un poids qu'on aurait préalablement élevé.

516. *Expériences de M. Grassi à l'hôpital Beaujon.* — Cet expérimentateur a publié dans les *Annales d'Hygiène* les observations qu'il a faites sur l'appareil que M. Van Hecke a établi à l'hôpital Beaujon. Il y a lieu de regretter que, pouvant faire une expérience comparative, dans la cheminée générale d'évacuation, sur le volume d'air vicié écoulé, quand le mouvement de l'air était produit par l'action seule de la chaleur et ensuite par cette action combinée avec celle du ventilateur aspirant, M. Grassi se soit borné à cette dernière expérience.

Quoi qu'il en soit, examinons les résultats qu'il a obtenus. M. Grassi n'indique pas la vitesse du ventilateur, mais il dit qu'il lui en a, par moments, donné une assez grande pour connaître le maximum d'effet que l'on pourrait produire.

A la température extérieure de 4°, celle de l'air des poêles étant de 32°, et celle des salles de 16°, le volume d'air total sortant par la cheminée s'élevait, par heure et par lit, à 62 mètres cubes, tandis que celui qui sortait des différents étages avait les valeurs suivantes :

Volume d'air sortant par heure et par lit.	du rez-de-chaussée.	52m.c,»
	du 1er étage.......	58 ,9
	du 2e étage........	55 ,5
	Moyenne....	55,005

Il attribue la différence à des rentrées par les joints des conduits, mais elle a peu d'importance.

Une seconde expérience lui a donné pour le volume d'air sortant par la cheminée, par heure et par lit, 80m.c,6, et pour celui qui sortait des salles les valeurs suivantes :

Par les cheminées....	du rez-de-chaussée...	65m.c,4
	du 1er étage..........	74 ,3
	du 2e étage...........	85 ,1
	Moyenne.........	74m.c,9

Ces résultats, qui ne sont pas supérieurs à ceux que fournit la ventilation avec chauffage à l'eau chaude, montrent seulement que l'emploi d'un ventilateur aspirant, joint à l'effet naturel des cheminées, peut produire un effet équivalent, ce que l'on savait déjà, et n'offre d'avantage que lorsqu'on dispose d'un moteur spécial. Cependant, il pourrait y avoir des cas où il serait utile de joindre les deux actions, pour obtenir un effet plus considérable à certains moments.

Lorsque le ventilateur, qui agit par insufflation, a été mis en mouvement, M. Grassi a constaté que les volumes d'air sortant par les orifices d'appel étaient* :

Au rez-de chaussée,	par heure et par lit....	50m.c,8
Au 1er étage,	*idem*	34 ,5
Au 2e étage,	*idem*	32 ,5
	Moyenne....	39m.c,28

Tandis que, si l'on s'en rapportait aux observations faites avec l'anémomètre de M. Van Hecke sur le ventilateur même, ce volume aurait été de 60m.c,7.

Cette différence est encore, dans le cas actuel, expliquée par M. Grassi, en admettant que le volume d'air correspondant

* *Annales d'hygiène*, tome VII, page 23.

s'échappe par les joints des portes et des fenêtres, explication inadmissible, comme nous l'avons vu plus haut.

De ces expériences comparatives il résulte donc une nouvelle confirmation de ce fait, déjà constaté au sujet de l'hôpital Lariboisière, que, dans l'emploi des appareils qui agissent par insufflation, l'on ne peut prendre pour base des calculs les volumes d'air que le ventilateur insufflant semble fournir et envoyer dans les tuyaux de conduite. Il faut, quand on le peut, mesurer les volumes d'air admis à l'entrée par les orifices d'arrivée, et, ce qui est généralement plus facile, plus exact et plus propre à bien éclairer sur les véritables effets de la ventilation, observer les volumes d'air qui sortent par les cheminées d'évacuation ou d'appel.

A l'hôpital Beaujon, M. Van-Hecke a d'ailleurs eu recours à une ventilation directe, par aspiration d'air chauffé par le contact du tuyau de fumée de la machine à vapeur, disposition qui n'a rien de neuf et qui est dangereuse, en ce qu'elle peut permettre l'affluence de la fumée et la communication du feu dans les salles de l'hôpital.

La comparaison des résultats obtenus à l'hôpital Beaujon, à l'aide des ventilateurs aspirants secondés par l'aspiration de la cheminée principale, avec ceux que fournit le ventilateur insufflant, montre que l'emploi de ce dernier moyen est inférieur au premier, quant aux volumes d'air vicié extraits des salles par un temps ordinaire.

517. *Observations de M. le lieutenant-colonel Livet.* — Cet officier supérieur, dans les expériences qu'il a exécutées à l'hôpital Beaujon, a cherché à reconnaître l'influence que le ventilateur aspirant de M. Van-Hecke pouvait avoir réellement sur le volume d'air vicié extrait des salles. A cet effet, il a observé les volumes d'air qui étaient aspirés quand le ventilateur marchait et quand il était arrêté, les températures intérieures et extérieures étant d'ailleurs les mêmes. Voici les résultats qu'il a obtenus :

1re CHEMINÉE. — FACE GAUCHE *.

Ventilateur en activité.

	Anémomètre n° 1.	Anémomètre n° 3.
Nombre de tours en 1'......	100	80
Vitesse....................	$0^m,332$	$0^m,342$

Vitesse moyenne......... $0^m,337$.

Ventilateur arrêté.

Nombre de tours en 1'......	100	90
Vitesse....................	$0^m,332$	$0^m,363$

Vitesse moyenne......... $0^m,347$.

D'où il résulterait que l'effet de ce ventilateur aspirant était à peu près nul *, ce qui s'accorde, comme on le verra plus loin, avec les résultats des expériences que nous avons faites à l'hôpital du Vésinet.

518. *Observations sur la disposition des appareils Van-Hecke à l'hôpital Necker.* — Les dispositions établies par M. Van-Hecke dans l'un des pavillons de l'hôpital Necker pour le chauffage de la ventilation sont loin d'être aussi satisfaisantes qu'on a paru le croire, et elles présentent de nombreux inconvénients, outre ceux qui sont inhérents au système.

Sous ce pavillon sont placés trois calorifères avec leur chambre à air, dans chacune desquelles l'air peut être refoulé par le ventilateur, qu'une machine à vapeur met en mouvement. Cet air parcourt, pour arriver à ces chambres, un long conduit en maçonnerie de briques, qui règne à l'étage inférieur des caves et débouche dans ces trois chambres. Il faut donc qu'un même chauffeur soigne les trois foyers, et conduise en même temps la machine à vapeur. C'est demander beaucoup, pour un travail d'hiver et de nuit, aux deux chauffeurs attachés à ce service dans l'hôpital, et qu'il est difficile de surveiller. Le foyer du milieu alimente, par des tuyaux ascendants en tôle, des caisses à air chaud, aussi en tôle,

* Voir page 3 du rapport lithographié de M. le colonel Livet.

placées au centre de chaque étage; les foyers extrêmes sont destinés au service des vestibules et des salles des extrémités.

L'air débouche de la caisse centrale de chauffage de chaque salle par le bas des longs côtés de cette caisse avec une assez grande vitesse, et l'affluence de cet air chaud incommode à tous les étages les malades qui occupent les quatre lits le plus rapprochés. Les sœurs et les médecins sont d'accord sur ce point, ainsi que MM. Pelouze, Rayer et moi, en avons reçu l'assurance dans une visite à cet hôpital; mais, en outre, l'air qui arrive ainsi horizontalement doit en grande partie être appelé directement par les orifices d'évacuation les plus voisins, au lieu de se répandre dans la salle, surtout quand il est frais, ce qui donne lieu à des courants d'air à fleur du plancher fort désagréables, comme on le sait.

Au rez-de-chaussée, aux extrémités de chacune des salles principales, il y a deux orifices d'arrivée de l'air placés au niveau du plancher, et les vestibules, ainsi que les deux petites chambres extrêmes, sont chauffés et ventilés à l'aide d'orifices semblables, ce qui offre les mêmes inconvénients que dans le cas précédent.

A cet étage, la température générale paraît être convenable, mais, d'après les observations précédentes, elle n'est pas également répartie.

Au premier et au deuxième étage, les caisses à air chaud du milieu offrent les mêmes inconvénients que celle de l'étage inférieur; mais, en outre, les orifices qui amènent l'air destiné aux extrémités des salles sont pratiqués dans les vestibules qui séparent la salle principale des salles de ces extrémités. Dans l'un des murs de face, et pour le faire pénétrer dans les grandes salles, il a fallu enlever quatre carreaux de chaque côté, à la partie supérieure des cloisons vitrées qui les isolent, de sorte que l'air chaud arrive dans les salles par la partie voisine du plafond et par la porte d'entrée, toujours ouverte, de cette cloison. Ce dispositif offre le désavantage de permettre à l'air froid de l'escalier de se précipiter par les

ouvertures faites à la cloison du côté de cet escalier, toutes les fois qu'on en ouvre la porte, et de retomber sur les lits voisins, dont les malades en sont souvent incommodés.

319. *Irrégularité de la température.* — Enfin, il arrive souvent, surtout au 1er et au 2e étage, que la température moyenne est irrégulière, et parfois beaucoup trop élevée, et l'on a été obligé de ménager, dans les portes qui donnent sur les escaliers ou sur les vestibules extérieurs, des passages, qu'en pareil cas l'on peut ouvrir pour laisser rentrer de l'air frais. Mais ce moyen n'agit directement que sur les chambres des extrémités, et ne remédie pas à l'inconvénient pour les salles principales. Ces excès accidentels de température, dont on s'aperçoit surtout la nuit, sont une conséquence difficile à éviter de l'emploi des calorifères chauffant l'air par contact direct quand il n'existe pas de chambre de mélange et des registres convenablement disposés.

320. *Insalubrité de l'air.* — Enfin l'on trouve, en général, que l'air fourni par ces calorifères est, selon l'expression dont se servent plusieurs sœurs, *plus dur* à respirer, surtout dans le voisinage des bouches d'arrivée et des caisses centrales; tandis que les sœurs employées dans le pavillon chauffé à l'eau chaude déclarent que l'air de leurs salles est beaucoup plus doux. Cette différence tient, d'une part, à l'affluence directe et trop rapide et à la chaleur démesurée du courant d'air, mais surtout à sa dessiccation par le contact des surfaces métalliques du calorifère. Le moyen à l'aide duquel on prétend rendre à l'air le degré convenable d'hygrométricité me paraît complétement illusoire. Il consiste, en effet, en une petite caisse métallique dans laquelle on vide tous les *quinze jours* environ un seau qui contient au plus 10 *litres d'eau.*

321. *Évacuation de l'air, disposition vicieuse des cheminées.* — Malgré l'énergie attribuée à l'insufflation de l'air, il se produit en temps ordinaire par les joints des fenêtres des rentrées

d'air, et quand on ouvre certaines fenêtres, celles du cabinet des sœurs, par exemple, les portes opposées battent fortement.

Mais l'évacuation de l'air présente de bien plus graves inconvénients. En effet, il y a pour la produire dans chaque salle, et sur chaque face dans la longueur, six cheminées qui débouchent isolément un peu au-dessus de la partie inférieure des longs pans de la toiture. L'appel de ces cheminées est si faible, même pour celles du rez-de-chaussée qui sont les plus hautes, que, toutes les fois qu'il fait un vent un peu violent, l'air est fortement refoulé dans ces cheminées, et reflue dans les salles, de manière à incommoder, non-seulement les malades, mais même les personnes appelées près de leurs lits pour leur donner des soins. Cet effet fâcheux, qui se produit même l'hiver, a engagé les sœurs de charité à réclamer un moyen de fermeture de ces cheminées, pour pouvoir les clore du côté du vent, et, en attendant qu'il soit établi, l'on a une ventilation glaciale par insufflation, sur laquelle on n'avait pas compté. Il y a lieu de remarquer que, dans les temps de bourrasques, l'action du vent se fait sentir par intermittences, et que sa vitesse est tantôt très-grande et tantôt nulle, de sorte que les mouvements de l'air dans ces cheminées varient de sens, selon l'intensité du vent.

Ce résultat fâcheux est une conséquence naturelle de l'isolement des cheminées d'évacuation, et de l'absence d'une cheminée commune d'appel assez fortement chauffée pour produire une aspiration toujours suffisamment énergique.

522. *Insuffisance de la ventilation de nuit.* — Enfin, cette ventilation que l'on prétend être si abondante n'empêche pas que le matin, même dans la saison froide, l'on ne soit obligé d'ouvrir les fenêtres pendant quelque temps pour dissiper la mauvaise odeur.

Quant aux résultats d'observations sur les volumes d'air fournis par les appareils des salles de ce pavillon, ils se réduisaient encore, en 1860, aux indications données par l'ané-

momètre qui précède le ventilateur, et ne peuvent, comme nous l'avons déjà vu, servir de base à une estimation exacte des volumes d'air réellement reçus dans les salles. Mais des expériences exécutées, en 1861, par MM. Leblanc et Ser nous permettent d'apprécier maintenant les effets obtenus.

323. *Expériences exécutées en* 1861 *par MM. Leblanc et Ser.* — Ces observateurs ont déterminé, à l'aide d'anémomètres ordinaires, le volume d'air qui passait dans la galerie souterraine, et ils l'ont trouvé égal :

Le 14 mai, à la température de l'écoulement, avec 51 tours de la machine en 1′, à	10 656$^{m.c}$
Le 21 mai, à la température de zéro, avec 49 tours de la machine en 1′	9 333$^{m.c}$
ou à la température de l'écoulement (15°)	10 238$^{m.c}$
Soit en moyenne en une heure.	10 457$^{m.c}$

Tandis que M. Grassi, opérant avec le grand anémomètre de M. Van-Hecke, aurait trouvé :

A 45 ou 46 tours de la machine	17 766$^{m.c}$ en 1 heure.
A 51 tours	21 060
A 60 tours	23 760

Sans connaître bien exactement la manière dont ce second expérimentateur a opéré, nous ne pouvons nous empêcher de croire qu'il s'y est glissé quelque erreur grave, laquelle, en présence des résultats obtenus par MM. Leblanc et Ser, qui ont opéré d'une manière qui ne donne lieu à aucune objection, ne permet pas d'attribuer au volume d'air introduit dans la galerie souterraine par l'action simultanée de l'aspiration naturelle et du ventilateur une valeur plus grande que celle qu'ont trouvée ces derniers expérimentateurs dans les conditions où ils ont observé.

L'on va voir d'ailleurs que le volume d'air introduit dans

les salles est encore beaucoup moindre que ne l'a admis M. Grassi.

324. *Expériences de MM. Leblanc et Ser sur le volume d'air introduit dans les salles.* — Les mêmes expérimentateurs ont déterminé avec beaucoup de soin les volumes d'air qui étaient réellement introduits dans les salles le 27 avril 1861 par l'action simultanée de l'aspiration et du ventilateur. A cet effet, ils ont successivement placé devant toutes les bouches d'arrivée des tuyaux cylindriques en zinc, terminés du côté de la bouche par une partie pyramidale qui en entourait complétement l'ouverture. La partie cylindrique avait toujours une longueur de $0^{m},60$ à $0^{m},70$, suffisante pour que le parallélisme des filets fluides y fût convenablement établi, et l'anémomètre était placé à son intérieur.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant, où les volumes d'air introduits ont été ramenés à la température de zéro.

EXPÉRIENCES FAITES A L'HÔPITAL NECKER LE 27 AVRIL 1861, SUR LES APPAREILS ÉTABLIS PAR LE DOCTEUR VAN-HECKE, EXÉCUTÉES PAR MM. LEBLANC ET SER.

INTRODUCTION DE L'AIR DANS LES SALLES.

SITUATION ET NUMÉROS D'ORDRE des poêles ou bouches de chaleur aux divers étages.	Nombre de tours de la machine.	Vitesse de l'air.	Volume d'air ramené à zéro par heure		Nombre de malades dans chaque salle.	Volume d'air par lit et par heure.
			par bouche.	total.		
Rez-de-chaussée.						
		m.	m.c.	m.c.		m.c.
Pavillon à 8 lits. Grille 1	47	1,61	371		8	46,38
Grande salle. Grille 2		1,83	414			
Grande salle. Poêle... Bouche 1		0,62	327	2883	43	49,64
Grande salle. — Bouche 2		0,47	625			
Grande salle. Grille 3		1,35	301			
Pavillon à 6 lits. Grille 4		1,51	345		6	57,56
Lieux d'aisances. Bouche 1		2,57	428	816		
— Bouche 2		2,33	388			
1er Étage.						
Pavillon........ Grille 1	49	1,50	343		8	42,87
Grande salle. Grille 2		1,20	274			
Grande salle. Poêle... Bouche 1		0,31	407	2231	46	34,59
Grande salle. — Bouche 2		0,368	493			
Grande salle. Grille 3		1,827	417			
Pavillon........ Grille 4		1,316	297		6	49,50
Lieux d'aisances Bouche 1		0,80	134	295		
— Bouche 2		0,96	161			
2e Étage.						
Pavillon........ Grille 1		1,41	322		8	40,25
Grande salle. Grille 2		1,54	352			
Grande salle. Poêle... Bouche 1		0,33	448	1911	46	30,33
Grande salle. — Bouche 2		0,295	401			
Grande salle. Grille 3		0,86	194			
Pavillon........ Grille 4		0,86	194		6	32,33
Lieux d'aisances. Bouche 1		1,44	242	489		
— Bouche 2		1,47	247			
Volume total........................				8,625		
Volume total pour les chambres de malades......				7,025	177	39,68

OBSERVATIONS.

Il n'est pas fait mention des chambres à un lit parce qu'elles ne sont pas ventilées.

La température dans les salles était de 16° et sous l'anémomètre de 15°. L'on ne chauffait pas.

325. *Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Il résulte de ces observations que le volume total d'air ramené à zéro qui arrivait dans les diverses parties du pavillon de l'hôpital Necker, ventilé par les appareils du docteur Van-Hecke, s'élevait, le 27 avril 1861, à 8650 mètres cubes par heure.

Si l'on en déduit les volumes qui affluent dans les cabinets d'aisances, et qui étaient de $1600^{m.c}$, il ne reste plus pour le volume d'air affluent dans les salles ramené à zéro que $7025^{m.c}$, qui, répartis entre 177 lits que contient le pavillon, correspondent à $39^{m.c},68$ par heure et par lit.

Ce résultat est bien inférieur à celui de $117^{m.c}$ qui a été annoncé par M. Grassi comme résultant de ses expériences quand la machine marchait à la vitesse de 51 tours en 1′.

Le volume d'air affluent dans le pavillon le 27 avril, où la température de jour a été de 20°, n'étant que de $8625^{m.c}$ à zéro ou de $9366^{m.c}$ à 20° en 1 heure, tandis que le volume d'air qui passait dans le canal souterrain était de $10453^{m.c}$, il en résulte que dans les conduits, assez courts d'ailleurs, de ce pavillon il se fait une perte de 10 pour 100 au moins du volume d'air affluent par le conduit souterrain, quoique la pression dans ce conduit doive excéder de très-peu en tous temps celle de l'air extérieur.

La grande différence qui existe entre les résultats annoncés par M. Grassi et ceux qui ont été obtenus par MM. Leblanc et Ser tient au mode d'expérimentation complétement défectueux employé par le premier de ces expérimentateurs. C'est ce que mettent en évidence les observations suivantes de MM. Leblanc et Ser.

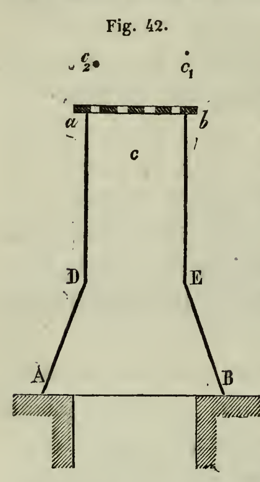
326. *Expérience relative au mode d'observation employé par M. Grassi.* — L'on a vu, au n° **51** des Considérations générales, que la présence d'une grille placée au-dessus d'un orifice déterminait, de même que celle des piles d'un pont dans le lit d'une rivière, en amont une augmentation de pression, en aval au-dessus des orifices libres un accroissement de vitesse,

et sur les côtés, vis-à-vis des parties pleines, de remous qui ne permettaient pas de faire immédiatement au-dessus de cette grille des observations susceptibles de fournir des indications exactes de vitesse et encore moins des volumes d'air.

Lorsqu'en opérant ainsi l'on a ensuite multiplié les vitesses observées par l'aire totale de l'orifice, on a nécessairement évalué beaucoup trop haut le volume d'air écoulé. C'est ce qui est arrivé à M. Grassi dans les expériences qu'il a faites pour déterminer le volume d'air nouveau insufflé dans les salles de l'hôpital Necker par les appareils du docteur Van Hecke.

Pour constater l'influence de ce mode d'opérer et avoir une idée de l'erreur à laquelle il conduit, MM. Leblanc et Ser ont fait l'expérience suivante :

Fig. 42.



Après avoir enlevé la grille qui recouvrait l'une des bouches d'arrivée de l'air, on a placé sur cette bouche carrée un tuyau en zinc à base pyramidale carrée ABED, raccordée avec une partie cylindrique DE*ab*, et ayant une hauteur suffisante pour que le courant d'air pût dans tous les cas avoir pris vers le sommet *ab* un mouvement suffisamment régulier. Sur ce sommet *ab* l'on a placé la grille qui recouvrait précédemment la bouche.

Sur ce dispositif l'on a fait les observations suivantes :

L'on a déterminé le nombre de tours faits par un anémomètre en le plaçant successivement en c à 0m,15 au-dessous de la grille, en c_1 à 0m,15 au-dessus de la grille et vis-à-vis d'une partie pleine, et en c_2 vis-à-vis d'un vide. L'on a trouvé les résultats suivants :

Emplacement de l'anémomètre.		C	C_1	C_2
Nombre de tours.	1re observation.	540—542	610	1296—1212
	2e observation.	625—695	»	1455—1856

Ces résultats manifestent d'une manière évidente l'énorme

accroissement de vitesse qui se produisait au passage de l'air par les orifices de ces grilles, et l'erreur dans laquelle on est tombé quand on a multiplié cette vitesse par l'aire totale de la bouche.

C'est ce qui explique comment les volumes d'air introduits dans les salles trouvées par MM. Leblanc et Ser sont très-inférieurs à ceux qui ont été indiqués par M. Grassi, et qui élevaient à $117^{m.c}$ par heure et par malade le volume d'air introduit dans les salles à la vitesse de 51 coups de piston de la machine, tandis qu'à celle de 49 coups MM. Leblanc et Ser n'ont en réalité trouvé qu'un volume moyen de $39^{m.c},72$.

327. *Expériences de MM. Leblanc et Ser, sur le volume d'air évacué des salles.* — En observant successivement les volumes d'air vicié, évacués par les gaînes, établies à cet effet dans les salles, ces ingénieurs ont constaté le 27 avril les résultats consignés dans le tableau suivant.

EXPÉRIENCES SUR LES APPAREILS ÉTABLIS PAR LE DOCTEUR VAN-HECKE, A L'HÔPITAL NECKER, EXÉCUTÉES PAR MM. LEBLANC ET SER.

ÉVACUATION DE L'AIR DES SALLES.

SITUATION ET NUMÉROS D'ORDRE d'évacuation à partir de la cheminée.		Nombre de tours de la machine.	Vitesse de l'air.	Volume d'air évacué par heure ramené à zéro.		Volume d'air évacué par lit et par heure.	OBSERVATIONS.
				par gaîne.	total.		
Rez-de-chaussée.							
	Gaine.		m.	m.c.	m.c.	m.c.	
Pavillon 8 lits.	1		0,764	172		42,87	
	2		0,754	171			
Grande salle 46 lits.	1		0,827	188			
	3		0,639	144			Les gaînes indiquées par des numéros impairs sont du côté du jardin.
	5		0,908	206			
	7	43	0,908	206	2333	40,49	
	2		1,148	261			
	4		0,942	210			
	6		1,167	262			
	8		1,157	264			
Pavillon 6 lits.	1		0,677	153			
	2		0,428	96		41,50	
Premier étage.							
Pavillon 8 lits.	1		0,788	178		44,50	
	2		0,846	194			
Grande salle	1		0,701	160			
	3		0,370	84			
	5		0,716	162			
	7	43	0,739	167	2118	29,98	
	2		1,078	245			
	4		0,844	201			
	6		0,737	166			
	8		0,858	194			
Pavillon 6 lits	1		0,875	200			
	2		0,750	167		61,16	
Deuxième étage.							
Pavillon 8 lits.	1		1,263	288		68,30	*Il y avait alternativement refoulement et aspiration dans les gaînes.— Les volumes indiqués comme évacués ne sont qu'hypothétiques. — Si on les supprimait le volume évacué par lit et par heure serait de 34m,6.
	2		1,142	260			
Grande salle 46 lits.	1		0,54	121			
	3		»*	100*			
	5		»*	90*			
	7	43	0,34	78	2099	26,92	
	2		1,065	243			
	4		»*	239*			
	6		1.03	235			
	8		0,587	132			
Pavillon 6 lits	1		0,581	130			
	2		0,815	183		52,61	
Volume total et moyenne............					6550	37,00	

328. *Conséquences des résultats précédents.* — La première conclusion que l'on peut tirer de ces résultats, c'est que le 27 avril 1861, quand la machine marchait à 50 tours en 1', le volume total d'air vicié qui était évacué des salles du pavillon, était égal à 6550 mètres cubes d'air ramenés à zéro ; ce qui pour le nombre de 177 lits correspondrait à 37 mètres cubes d'air par heure et par lit.

Mais l'observation ayant montré qu'au deuxième étage il se produisait par plusieurs bouches d'appel des rentrées d'air, il y a lieu de retrancher du volume ci-dessus les 429 mètres cubes qui leur correspondent, de sorte que le volume réellement évacué se réduit à 6121 mètres cubes à 15° ou à $34^{m.c},60$ par heure et par lit.

Ces chiffres se rapprochent beaucoup de celui de $39^{m.c},72$ qui, d'après les mêmes observateurs, était introduit le même jour par l'action combinée de l'aspiration et du ventilateur et en confirme l'exactitude.

329. *Expérience comparative sur les volumes d'air évacués quand le ventilateur fonctionne et quand il est arrêté.* — L'on doit aussi aux mêmes observateurs des expériences qui permettent de déterminer la part proportionnelle du ventilateur dans l'effet général obtenu à un jour donné.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES COMPARATIVES SUR LES VOLUMES D'AIR ÉVACUÉS QUAND LE VENTILATEUR FONCTIONNE ET QUAND IL EST ARRÊTÉ.

LE VENTILATEUR MARCHANT A 50 TOURS EN 1'.					LE VENTILATEUR NE MARCHANT PAS.		
SITUATION et numéros d'ordre des gaînes à partir de la cheminée.		VOLUME d'air ramené à zéro.	TEMPÉRATURE		VOLUMES d'air évacués ramenés à zéro.	TEMPÉRATURE	
			Intérieure.	Extérieure.		Intérieure.	Extérieure.
		m.c.			m.c.		
Pavillon 8 lits.	1	276	14°0	9°3 jardins.	192	17°0	13°0
	2	302			320		
Grande salle.	1	355	15°0	7°9 cour, à 6 h. 1/4 du matin. Temps calme.	160	17°5	Commencé à 8 h. 1/2.
	3	321			204		
	5	508			228		
	7	343			210		
	2	320			210		
	4	366			229		
	6	433			341		
	8	453			261		
Pavillon 6 lits.	1	281	13°0		171		
	2	237			171		
Total.....		4195			2697		

ou $\frac{4195}{177} = 23$ m.c. 70 par lit.

330. *Observations sur les résultats des expériences précédentes de MM. Leblanc et Ser.* — Les résultats de ces expériences indiquent d'abord qu'au jour des observations, le volume d'air total évacué des diverses salles du pavillon de l'hôpital Necker, chauffé et ventilé par l'appareil du Dr Van-Hecke, était, quand le ventilateur ne fonctionnait pas, égal à 2697 mètres cubes par heure, et que, quand le ventilateur fonctionnait, il était de 4195 mètres cubes par heure.

Mais il y a lieu de remarquer que, dans le second cas, c'est-à-dire quand le ventilateur fonctionnait, les expériences ayant été faites le matin, l'excès moyen de la température intérieure sur la température extérieure était de

$$14^0 - 8^0,5 = 5^0,4$$

tandis que dans le second, où le ventilateur était arrêté, les expériences ayant été faites dans l'après-midi, cet excès n'était que de

$$17^{\circ},25 - 13^{\circ},50 = 3^{\circ},75.$$

Or, l'une des lois les mieux établies par la théorie et par l'expérience, nous apprenant que les vitesses d'évacuation sont entre elles comme les racines carrées des différences des températures intérieures et extérieures, pour ramener ces résultats à des différences égales de température, il faut augmenter le second dans le rapport de

$$\sqrt{5,4^{\circ}} \text{ à } \sqrt{3,75} \text{ ou de 1 à } 0,79.$$

Par conséquent, si la différence des températures avait été la même dans le deuxième cas que dans le premier, le volume d'air évacué aurait été pour le deuxième cas de

$$\frac{2697}{0,79} = 3415 \text{ mètres cubes en une heure.}$$

Le volume d'air évacué quand le ventilateur marchait, ayant été trouvé égal à 4195 mètres cubes en 1 heure, la différence ou 780 mètres cubes est la part que l'on peut attribuer au ventilateur dans l'effet total; ce qui revient à $\frac{780}{4195} = 0,186$ du volume total de l'air évacué ou à $\frac{780}{177} = 4^{m.c},40$ par heure et par lit.

Ce résultat se rapproche beaucoup de celui que j'ai obtenu par la comparaison analogue que j'ai faite à l'hôpital Lariboisière, et qui a indiqué pour la part proportionnelle du ventilateur à palettes planes les 0,15 du volume d'air total évacué.

Il convient d'ajouter que les expériences précédentes ayant été faites au printemps, alors que la température extérieure différait peu de celle de l'intérieur, l'action de l'appel par des cheminées isolées était loin d'avoir l'énergie qu'il acquiert

naturellement par un temps plus froid et qu'on peut lui donner facilement par des dispositions convenables.

331. *Comparaison des volumes d'air introduits dans la galerie souterraine et dans les salles.* — Les expériences du 27 avril 1861, indiquent que le volume d'air admis dans les salles et dans les dépendances du pavillon était de 8630 mètres cubes, la machine marchant à 47 ou 49 tours en 1′; celles des 14 et 21 mai ont montré qu'à la vitesse de 51 tours il entrait dans la galerie souterraine en moyenne 10457 mètres cubes par heure.

Il s'ensuit donc que le volume d'air qui arrive dans l'intérieur est moindre que celui qui passe à l'entrée des conduits dans le rapport de 8630 à 10457 environ ou de 1 à 0,825.

Cette perte qui doit résulter du léger excès de pression que produit le ventilateur dans les conduits, est beaucoup moindre que celle observée à Lariboisière, ce qui tient à ce que la pression produite par le ventilateur à hélice est très-faible.

332. *Conséquences générales des expériences de MM. Leblanc et Ser sur les appareils établis à l'hôpital Necker par le Dr Van-Hecke.* — En résumé les expériences de ces deux ingénieurs montrent :

1° Que le volume d'air à 15° qui le 14 et le 21 mai 1861, passait dans le conduit souterrain principal à la vitesse de 51 tours de la machine en 1′, était en moyenne de 10457 mètres cubes, ou de 59 mètres cubes par heure et par lit, et non de 21 000 mètres cubes ou de 118m.c,6 par heure et par lit, comme l'a cru M. Grassi.

2° Que le volume d'air introduit dans les salles, ramené à la température de zéro, était le 27 avril 1861 de 39m.c,72 par heure et par lit, et non de 117 comme l'a pensé le même observateur.

3° Que ces différences considérables tiennent au mode d'observation défectueux employé par M. Grassi.

4° Que le volume d'air vicié, évacué des salles, le même jour 27 avril 1861, a été de 34m·c,60 à 37 mètres cubes au plus par heure et par lit.

5° Que même, quand l'excès de la température intérieure des salles sur celle de l'air extérieur n'était que 5°,4, la part proportionnelle du ventilateur à la vitesse de 50 tours de la machine en 1′ n'était que 0,186 de l'effet total.

6° Que les pertes d'air, qui, sous la très-faible pression produite par le ventilateur, se faisaient dans les conduites réduisent le volume d'air admis dans les salles aux 0,825 environ de celui qui pénètre dans le conduit souterrain.

Asile impérial du Vésinet.

333. *Expériences sur les appareils de chauffage à l'air chaud et de ventilation par insufflation. — Description sommaire. —* L'asile impérial du Vésinet, consacré aux femmes convalescentes, se compose de plusieurs corps de bâtiment.

Pour y assurer le service du chauffage et de la ventilation, mais malheureusement après que les constructions étaient à peu près terminées, le ministre de l'intérieur a traité avec la société Van-Hecke et Cie, qui y a établi des calorifères, dont le nombre s'est successivement élevé à cinq, et un ventilateur, mû par une petite machine à vapeur dont la force peut être évaluée à 2 chevaux. Ces circonstances défavorables ont pu obliger le constructeur de ces appareils à des dispositions moins convenables que s'il avait été complétement libre.

La machine à vapeur et le ventilateur sont placés au centre du pavillon d'administration, et doivent servir à refouler dans tous les bâtiments et à tous les étages, par des canaux souterrains, l'air qui est aspiré dans les cours.

Cet air arrive dans des caves ou chambres à air où sont établis des calorifères composés chacun d'une cloche en fonte, et de tuyaux de chaleur ou de fumée en tôle, et qui, sur trois faces sont isolés dans ces chambres. Deux orifices d'appel et d'introduction d'air, égaux en sections à ceux des canaux sou-

terrains venant du ventilateur, ont été ultérieurement pratiqués à droite et à gauche du foyer, et amènent de l'air dans la chambre des calorifères, qui, en service ordinaire, se trouve ainsi alimentée par l'aspiration que provoque la chaleur développée par les calorifères et par l'action du ventilateur, auquel on attribue une grande part des effets de ventilation.

Des canaux souterrains, dirigés dans l'axe des bâtiments, conduisent l'air des chambres des calorifères sous les murs de refend, dans lesquels sont pratiqués des conduits verticaux.

Cet air arrive ainsi dans les salles de chaque étage, et chacun de ces conduits est partagé en trois parties, dont une par étage. A leur débouché, qui est à hauteur du plancher des salles, et dans les parois verticales des murs de refend, ces conduits présentent, à droite et à gauche, des ouvertures égales qui permettent à l'air de se répandre dans l'une ou dans l'autre des deux salles contiguës. Ces ouvertures circulaires, partagées en secteurs, sont garnies de registres ou papillons, que l'on peut ouvrir ou fermer plus ou moins à volonté.

Des cheminées d'évacuation de l'air vicié sont pratiquées dans les murs de face ; une ou deux pour chaque salle et chaque étage.

Ces cheminées débouchent dans les greniers, au niveau du plancher, sous le toit, et les jours qui existent naturellement entre les chevrons et le sommet des murs n'ont pas été bouchés.

Tel est l'ensemble du système de chauffage et de ventilation qui a été établi par le docteur Van-Hecke à l'asile du Vésinet. Je passe sous silence quelques dispositions de détail, en me réservant d'en parler lorsqu'il y aura lieu.

Des rapports adressés à l'administration et plusieurs notices publiées ayant attribué à ces appareils une supériorité considérable sur ceux que l'on employait auparavant, j'ai été conduit, en 1860, à l'occasion des projets présentés pour le palais de justice, à examiner les résultats qu'ils avaient produits à

l'hôpital Beaujon, à l'hôpital Necker et à l'asile du Vésinet. Cet examen, ainsi que tous les renseignements que j'avais recueillis, soit seul, soit avec mes confrères MM. Rayer et Pelouze, auprès des directeurs, des médecins et des sœurs, ne m'ayant pas paru confirmer les éloges donnés à ces appareils, j'ai dû exprimer mon opinion à ce sujet, et je l'ai fait dans le rapport qui a été adressé par la commission que présidait M. Dumas *, et qui avait à juger les projets présentés pour le palais de justice.

Peu de temps après la remise de ce rapport, qui avait été imprimé par ordre de M. le préfet de la Seine, M. le ministre de l'intérieur, par dépêche en date du 5 octobre 1860, m'a prié de présider à des expériences qui seraient faites à l'asile impérial du Vésinet sur les appareils de chauffage et de ventilation qui y avaient été établis.

Dès le 31 octobre, je me suis rendu à cet asile, que j'avais déjà visité deux fois, et je l'ai parcouru de nouveau avec M. Laval, architecte de l'établissement ; mais à cette époque, des travaux complémentaires s'exécutaient encore aux appareils, la saison n'était pas favorable pour des expériences, et je dus attendre l'hiver.

Pour l'exécution de ces expériences j'ai fait appel au dévouement et à l'habileté de M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers ; nous nous sommes rendus au Vésinet le 29 janvier 1861, accompagnés de deux jeunes ingénieurs attachés au Conservatoire, et nous y avons trouvé M. Laval et M. le docteur Van-Hecke.

Je vais faire connaître en détail tous les résultats de nos observations, et en déduire les conclusions auxquelles ils conduisent.

334. *Expériences sur les appareils de chauffage et de ventilation*

---

* Cette commission était composée de MM. Dumas, membre de l'Institut, président ; de Vienne, premier président de la cour impériale ; Chaix-d'Est-Ange, procureur général : Pelouze, membre de l'Institut ; Rayer, id. ; Caristie, id. ; général Morin, id., rapporteur.

établis par le docteur Van-Hecke à l'asile impérial du Vésinet. — *Janvier* 1861. — Pour reconnaître les effets des appareils de ventilation et distinguer la part qui pouvait appartenir à la ventilation naturelle produite par l'aspiration et l'échauffement de l'air, de celle qui était due à l'action du ventilateur, nous avons procédé de la manière suivante. Il ne nous était pas possible d'opérer le même jour sur toutes les parties du bâtiment, ce qui, d'ailleurs, eût été superflu, et nous avons choisi pour l'expérimentation le pavillon F, dont les deux ailes, perpendiculaires l'une à l'autre, contiennent l'une quatre, l'autre trois salles à chaque étage, et comprennent ensemble 122 lits. Ce pavillon, ses corridors, ses escaliers et autres dépendances sont chauffés par un seul calorifère placé à 80 mètres environ du ventilateur. L'air arrive dans la chambre à air de ce calorifère par deux ouvertures en communication avec le conduit de ventilation, et ayant chacune $0^{m},50$ sur $0^{m},60$ ou $0^{m.q},30$ d'ouverture. A droite et à gauche de la porte du foyer, et immédiatement au-dessus des ouvertures dont on vient de parler, sont ménagés deux autres orifices d'introduction de l'air par lesquels l'air extérieur peut librement pénétrer dans la chambre à air.

Ces ouvertures auxiliaires, ajoutées depuis la première installation des appareils, sont maintenant habituellement ouvertes en entier, et leur existence nous a permis de comparer aussi exactement que possible les effets de la ventilation mécanique à ceux de la ventilation naturelle ou de l'aspiration.

A cet effet, nous avons d'abord fait fermer les orifices auxiliaires d'introduction de l'air dont il vient d'être parlé, afin d'observer les effets de la ventilation qui se produisait par les conduits de ventilation, tant par l'action du ventilateur que par celle de l'aspiration que la chaleur développée par le calorifère détermine dans ces conduits.

Nous avons ensuite fait arrêter le ventilateur et ouvrir les orifices auxiliaires, pour reconnaître les effets de la ventilation qui pouvaient se produire sans le concours du ventilateur.

Enfin nous avons laissé fonctionner simultanément le ventilateur et l'aspiration développée par la chaleur pour constater les effets de ce concours des deux moyens.

Pour assurer, autant que possible, la facile arrivée de l'air dans toutes les salles, nous avons eu soin de faire tenir toutes les ouvertures d'admission ouvertes en plein, et de même, pour qu'aucun obstacle ne gênât l'appel par les cheminées d'évacuation, tous les meubles qui pouvaient se trouver devant leur entrée en ont été éloignés. Les fenêtres de toutes les salles sont restées fermées, et l'on a veillé à ce que les portes ne fussent ouvertes que le temps nécessaire à la circulation des malades seulement.

Une partie des grilles qui recouvrent les cheminées avait été enlevée; mais nous n'en avons pas moins fait des observations sur tous les orifices d'évacuation, en faisant abstraction de la présence des grilles qui y étaient restées. L'observation des vitesses d'écoulement par les cheminées centrales, qui sont bifurquées à leur débouché dans le grenier par suite de leur rencontre avec les entraits, et dont une moitié était recouverte par sa grille, tandis que l'autre était libre, nous a montré que la vitesse dans la partie libre était en général plus grande que dans la partie grillée, et comme la section de passage réel y était aussi plus considérable, il s'ensuit qu'en faisant abstraction de la présence des grilles, nous avons estimé plutôt trop haut que trop bas les volumes d'air écoulés par les orifices recouverts de ces grilles. Comme d'ailleurs nous avons opéré de même dans les trois séries d'expériences, les résultats n'en sont pas moins restés très-comparables entre eux. L'on a indiqué dans les tableaux par la lettre G, placée à droite des surfaces des orifices, ceux où la grille avait été conservée.

Dans les deux premières séries d'expériences l'on a observé à tous les étages et sur tous les orifices d'évacuation de l'air la vitesse de sortie, ce qui a permis de calculer le volume total d'air évacué dans chaque cas.

Pour la troisième série, l'heure avancée et l'obscurité

n'ayant pas permis d'opérer sur tous les orifices, l'on a été obligé de se contenter de faire des observations sur dix-neuf de ces orifices ; mais l'on a eu soin de répartir les expériences sur tous les étages, et spécialement sur toutes les grandes salles, de sorte que la comparaison des résultats obtenus sur ces orifices dans cette série, avec ceux qu'on avait recueillis sur les mêmes orifices, dans les deux autres séries, a permis d'apprécier les rapports des effets de ventilation dans les trois cas.

Dans toutes les séries, les mêmes observateurs et les mêmes instruments ont été employés aux mêmes cheminées, de sorte que les erreurs personnelles et celles des instruments devaient se trouver identiques dans chaque cas.

Les températures dans les salles ont été observées sur les thermomètres à alcool placés dans les salles, et dont on avait vérifié la concordance suffisante avec de bons thermomètres à mercure.

La température de l'air affluent dans les salles, celle de l'air dans les cheminées, dans la chambre à air et dans les conduits ont été déterminés avec des thermomètres à mercure très-sensibles.

L'anémomètre tenu par M. Lafon, et dont les indications sont précédées de la lettre L, a pour formule :

L. $$V = 0^{m},1392 + 0^{m},08852N$$

L'anémomètre tenu par M. Villermé, et dont les indications sont précédées de la lettre V, a pour formule :

V. $$V = 0^{m},35 + 0^{m},084N.$$

Tous les résultats obtenus dans les trois séries d'expériences sont consignés dans le tableau suivant, pour l'intelligence duquel il est bon de dire que certaines salles ont deux cheminées d'évacuation, tandis que d'autres n'en ont qu'une.

Ces tableaux se composent de deux parties, l'une relative aux observations faites sur l'aile gauche, qui se termine au

pavillon A du plan général, l'autre aux observations faites sur l'aile droite qui s'arrête au pavillon F.

Chacune de ces parties de tableaux comprend trois séries d'expériences.

La première, exécutée quand le ventilateur fonctionnait seul avec le concours de l'aspiration qui pouvait se produire dans ses conduits particuliers débouchant dans la chambre à air, à droite et à gauche du calorifère.

La deuxième exécutée quand le ventilateur était arrêté, et que les orifices auxiliaires d'admission de l'air dans la chambre du calorifère étaient ouverts, et qu'ainsi la ventilation se faisait uniquement par l'appel, qui se produisait à la fois par ces orifices auxiliaires, ainsi que par les conduits et même par la cheminée d'introduction de l'air au ventilateur.

La troisième série contient les résultats des observations faites quand l'air affluait dans la chambre à air par les orifices auxiliaires et par l'action du ventilateur.

Dans chacune des deux premières séries, l'on a totalisé les volumes d'air sortis par les cheminées, d'abord par galerie, puis par aile de bâtiment, et ensuite l'on a ajouté les volumes partiels pour en déduire les volumes d'air totaux évacués de ce pavillon.

ASILE IMPÉRIAL DU

EXPÉRIENCES FAITES

AILE GAUCHE.

PREMIÈRE SÉRIE.

Le ventilateur fonctionne seul.

DÉSIGNATION des galeries et de l'étage.	NUMÉROS des salles.	Température des salles.	Température de l'air affluant	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse de l'air évacué en 1".	DIMENSIONS et sections des orifices.	Présence ou absence de la grille.	VOLUMES d'air écoulés en 1".
		°	°	°			m.	m. m. m.		lit.
Galerie Ste Clotilde. — Rez-de-chaussée.	1	19	22	17	L	500	0,87	0,30×0,15=0,0450	O	39,15
						400	0,73	0,30×0,15=0,0450	G	32,85
	2	18.5	22	..	V	425	0,96	0,37×0,15=0,0550	O	52,80
						25`	0,73	0,30×0,15=0,0450	G	32,85
	3	17	21	16	L	200	0,43	0,30×0,15=0,0450	G	18,35
						208	0,44	0,30×0,15=0,0450	O	19,80
	4	20.5	21	17	L	226	0,47	0,52×0,29=0,1508	G	70,88
	5	....	..	10	V	100	0,50	0,39×0,21=0,0819	G	40,95
	7	....	..	..	V	0	0,00	0,30×0,20=0,0600	G	0,00
	Corridor	12.5								
		Totaux par galerie....								307,63
Galerie Ste-Élisabeth. — 1er étage.	1	18	..	17	L	346	0,65	0,75×0,15=0,1125	O	73,13
	2	15	19	..	V	320	0,82	0,80×0,15=0,1200	G	98,40
		18	..	17	L	506	0,88	0,75×0,15=0,1125	O	99,00
	4	18,5	..	..	L	370	0,68	0,40×0,29=0,1160	G	78,88
	5	....	..	..	V	180	0,62	0,40×0,21=0,0840	G	52,08
	7	....	..	..	V	95	0,49	0,35×0,20=0,0700	G	34,30
	Corridor	12								
		Totaux par galerie								435,79
Galerie Ste-Félicité. — 2e étage.	1	17		..	L	330	0,62	0,80×0,15=0,1200	G	74,40
	2	17		..	V	380	0,88	0,73×0,15=0,1095	O	96,36
	3	17		..	L	410	0,74	0,80×0,15=0,1203	G	88,80
	4	17		15	L	334	0.63	0,37×0,29=0,1075	G	67,60
	5	..		18	V	370	0,08	0,75×0,79=0,0798	G	70,22
	7	..		15	V	330	0,83	0,65×0,08=0,0520	G	43,16
	Corridor	10								
		Totaux par galerie....................								440,54
		TOTAUX GÉNÉRAUX par série et par aile................								1183,96

VÉSINET. — PAVILLON A.

LE 29 JANVIER 1861.

AILE GAUCHE.											
DEUXIÈME SÉRIE. **L'aspiration fonctionne seule.**						TROISIÈME SÉRIE. **Le ventilateur et l'aspiration fonctionnent simultanément.**					
Température des salles.	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1″.	Vitesse de l'air évacué en 1″.	VOLUMES d'air écoulés en 1″.	Température des salles.	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1″.	Vitesse de l'air évacué en 1″.	VOLUMES d'air écoulés en 1″.
°	°			m.	lit.	°	°			m.	lit.
17,5	..	L	458	0,81	36,45	19,5	..	L	424	0,76	34,20
		L	382	0,70	31,50	....	..	L	450	0,80	36,00
14,5	17	V	335	0,84	46.20	19,5	..	V	450	1,05	55,55
		V	258	0,73	32,85						
16,0	16	L	160	0,37	16,65	16					
		L	150	0,36	16,20						
19,0	..	L	155	0,37	55,80	18,5					
....	..	V	73	0,46	37,67						
....	..	V	0	0,00	0,00						
13											
					273,32						
18,5	17	L	492	0,86	96,75	18	18	L	390	0,71	79,78
18	15	V	200	0,64	76,80	15,5	..	V	235	0,70	84,00
19,5	..	L	552	0,95	106,87	20					
19	..	L	456	0,81	93,96	19,5					
....	14	V	350	0,86	72,24						
....	11	V	250	0,72	50,40						
12											
					497,02						
18	19	L	418	0,75	90,00	19,5	18	L	488	0,85	102,00
18,5	..	V	440	0,99	108,41	19,5	16	V	463	1,02	111,60
18,5	18	L	434	0,78	93,60	16					
18,5	..	L	350	0,65	69,75	18,5					
....	..	V	405	0,94	75,00						
....	14	V	370	0,89	24,28						
11,5											
					483,05						
					1253,39						

ASILE IMPÉRIAL DU

EXPÉRIENCES FAITES

AILE DROITE.

PREMIÈRE SÉRIE.

Le ventilateur fonctionne seul.

DÉSIGNATION des galeries et de l'étage.	NUMÉROS des salles.	Température des salles.	Température de l'air affluant	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse de l'air évacué en 1".	DIMENSIONS et sections des orifices.	Présence ou absence de la grille.	VOLUMES d'air écoulés en 1".
		e						m. m. m.		lit.
Galerie Ste-Marie. — Rez-de-chaussée.	6	17			L	206	0,44	0,30×0,21=0,0630	G	27,72
					L	234	0,48	0,34×0,21=0,0714	G	34,27
					L	286	0,56	0,28×0,19=0,0532	O	29,79
					L	230	0,37	0,28×0,19=0,0532	G	19,68
	5	..			V	190	0,63	0,30×0,20=0,0600	G	37,80
					V	165	0,60	0,30×0,20=0,0600	G	36,00
					V	358	0,88	0,30×0,18=0,0540	O	47,52
					V	300	0,79	0,30×0,20=0,0600	G	47,40
	4	..			L	464	0,82	0,32×0,18=0,0576	G	47,23
					Totaux par galerie					327,41
Galerie Ste-Cécile. — 1er étage.	8	17			V	200	0,64	0,35×0,21=0,0735	G	47,04
	7	18,5			L	354	0,66	0,64×0,21=0,1344	G	88,71
					L	326	0,62	0,63×0,19=0,1197	G	74,21
	6	16			V	305	0,80	0,68×0,20=0,1360	G	108,80
					V	211	0,66	0,70×0,20=0,1400	G	92,40
	5	15,5			L	252	0,51	0,28×0,18=0,0504	G	25,70
	Corridor	11,5								
					Totaux par galerie					436,86
Galerie Ste-Marthe. — 2e étage.	8	17			V	365	0,88	0,40×0,21=0,0840	G	73,92
	7	19			L	294	0,57	0,61×0,26=0,1282	G	70,07
					L	324	0,62	0,68×0,19=0,1292	O	80,11
	6	15			V	228	0,69	0,67×0,18=0,1206	G	83,21
					V	200	0,64	0,64×0,20=0,1208	G	81,92
	5	..			L	432	0,77	0,34×0,17=0,8578	G	44,50
	Corridor	11								
					Totaux par galerie					436,74
					Totaux par série et par aile					1201,01
					Totaux généraux par série					2384,94

VÉSINET. — PAVILLON F.

LE 29 JANVIER 1861.

AILE DROITE.

DEUXIÈME SÉRIE. L'aspiration fonctionne seule.						TROISIÈME SÉRIE. Le ventilateur et l'aspirateur fonctionnent simultanément.					
Température des salles.	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse de l'air évacué en 1".	VOLUMES d'air écoulés en 1".	Température des salles.	Température de l'air sortant	Désignation de l'observateur.	Nombre de tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse de l'air évacué en 1".	VOLUMES écoulés en 1".
°	°	°		m.	lit.	°	°	°		m.	lit.
17,5	..	L	200	0,43	27,09			L	192	0,36	25,7
....	..	L	133	0,53	23,56	16	16	L	268	0,53	27,20
....	..	L	312	0,60	31,92	....	14				
....	..	L	130	0,53	17,55			V	170	0,60	36,0
15	..	V	105	0,54	32,40	13	..				
....	..	V	140	0,56	33,60			V	0,00	0,00	0,00
....	..	V	0	0,00	0,00		..				
....	..	V	0	0,00	0,00						
18	17	L	396	0,72	41,47						
						10,5					
					207,59						
....	..	V	413	0,95	69,83						
12,5	17	L	320	0,61	81,92	19,5	18	L	312	0,60	80,64
....	17	L	342	0,64	76,61	....	17	L	276	0,54	64,64
16,0	15	V	320	0,82	111,92	15,5	15	V	240	0,30	95,20
....	..	V	405	0,94	131,60	....	..	V	243	0,71	99,4
....	..	L	215	0,45	22,68						
11,5						11,5					
					494,22						
....	..	V	410	0,90	75,60	17					
19	18	L	302	0,58	74,36	18	16	L	340	0,64	43,59
....	16	L	284	0,55	71,06	....	17	L	210	0,44	58,85
15	..	V	222	0,68	82,01	15	..	V	243	0,71	85,63
....	..	V	220	0,68	88,04	....	..	V	240	0,70	89,60
....	..	L	445	0,79	45,66						
10											
					435,73						
					1137,54						
					2390,93						

335. *Examen des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Les résultats contenus dans ce tableau sont intéressants et très-concluants; nous les examinerons dans l'ordre de leur importance, au point de vue des conséquences que l'on peut en déduire pour l'art de la ventilation.

336. *Effets comparatifs de l'action des ventilateurs insufflants et de la ventilation due à l'action de la chaleur.* — Dans la première série d'expériences l'action du ventilateur et celle de l'aspiration que provoquait par la cheminée d'introduction dans les conduits souterrains et dans les cheminées d'évacuation, l'échauffement de l'air par le calorifère, concouraient à produire la ventilation totale qui s'est élevée à $2^{m \cdot c},38494$ par seconde.

Dans la 2e série, le ventilateur étant arrêté et les orifices auxiliaires ménagés à droite et à gauche du fourneau étant ouverts, la ventilation n'était due qu'à l'aspiration que produisait l'échauffement de l'air par le calorifère. Le volume total d'air évacué par toutes les cheminées s'est élevé à $2^{m \cdot c},39093$. Ce dernier volume étant presque exactement le même que le précédent, l'on peut conclure, sans crainte d'erreur, que, dans les circonstances de l'expérience, l'aspiration due à l'action du calorifère seul produisait presque exactement les mêmes résultats que l'effet combiné du ventilateur et de l'aspiration.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que, pendant les expériences où le ventilateur était arrêté, l'aspiration par la cheminée d'introduction de l'air et par les conduits généraux de ventilation continuait à se faire avec une grande énergie, ce qui montre que cette aspiration n'est pas due à la seule action du ventilateur et fait voir que, dans un système qui fonctionnerait seulement par appel, l'on pourrait très-bien, si on le jugeait utile, amener l'air nouveau à introduire dans les salles au moyen d'une cheminée prenant cet air à une certaine hauteur au-dessus du sol. C'est ce qui résulte d'ailleurs aussi des observations faites à l'hôpital Lariboisière,

ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer. L'exemple de l'hôpital de Guy à Londres est encore plus concluant. (Voir chap. I, n° **20.**)

337. *Comparaison des résultats obtenus dans chaque aile.* — Si, au lieu de comparer les résultats généraux et totaux observés dans le pavillon composé de deux ailes, nous voulons mettre en regard ceux qui sont relatifs à chacune des ailes séparément, nous arriverions exactement aux mêmes conséquences.

En effet, les tableaux nous fournissent les résultats suivants :

AILE GAUCHE.

1re *série*. Le ventilateur fonctionnant seul, volume total évacué..	1183lit,90
2e *série*. L'aspiration fonctionnant seule, volume total évacué...	1253 ,39

AILE DROITE.

1re *série*. Le ventilateur fonctionnant seul, volume total évacué..	1201 ,90
2e *série*. L'aspiration fonctionnant seule, volume total évacué...	1137 ,54

Les différences dans les résultats, toujours très-faibles, tantôt en plus, tantôt en moins, sont de l'ordre des erreurs inévitables dans de semblables recherches, et les résultats partiels s'accordent avec les résultats généraux pour montrer que la ventilation due à l'action de l'aspiration produit les mêmes effets, quand elle agit seule, que quand elle a pour auxiliaire le ventilateur.

338. *Effets de la ventilation par l'action simultanée du ventilateur et de l'introduction directe de l'air dans la chambre à air.* — Ainsi que nous l'avons dit, cette troisième série d'expériences n'a pas été étendue comme les autres à toutes les cheminées d'évacuation, mais comme elle a été faite sur dix-neuf de ces cheminées, qui sont au nombre total de quarante-deux ou environ sur la moitié du nombre total des cheminées et sur toutes les grandes salles, il est facile, en comparant les résultats obtenus dans les trois séries d'expériences sur ces dix-neuf cheminées, d'en tirer des conclusions utiles.

A cet effet, nous avons extrait des tableaux généraux du n° **334**, et réuni dans le tableau suivant les résultats relatifs à ces cheminées et nous y avons totalisé les volumes d'air évacués dans chaque série.

TABLEAU COMPARATIF DES RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES FAITES AU VÉSINET LE 29 JANVIER DANS LE PAVILLON F.

DÉSIGNATION DES GALERIES ET NUMÉROS DES SALLES.		VOLUME D'AIR ÉCOULÉ EN 1″. 1re SÉRIE. Le ventilateur fonctionne seul.	2e SÉRIE. L'aspiration fonctionne seule.	3e SÉRIE. Le ventilateur et l'aspiration fonctionnent simultanément
		AILE GAUCHE.		
		lit.	lit.	lit.
Galerie Ste-Clotilde...	1...	39,15	36,45	34,20
		32,85	31,50	36,00
	2...	02,80	46,20	55,55
Galerie Ste-Élisabeth..	1...	73,13	96,75	79,78
	2 ..	98,40	76,80	85,00
Galerie Ste-Félicité....	1...	74,40	90,00	102,00
	2...	93,36	108,40	111,69
Totaux pour l'aile gauche.		464,09	446,10	503,22
		AILE DROITE.		
Galerie Ste-Marie.....	6...	34,27	23,56	29,70
	6...	29,79	31,92	27,20
	5...	37,80	32,40	36,00
	5...	47,52	00,00	00,00
Galerie Ste-Cécile.....	7...	88,71	81,98	80,64
	7...	74,21	76,61	64,64
	6...	108,10	111,52	95,20
	6...	92,40	131,60	99,40
Galerie Sainte-Marthe..	7...	73,07	74,36	43,99
	7...	80,11	71,06	51,89
	6...	83,21	82,01	85,63
	6...	81,92	87,04	89,60
Totaux pour l'aile droite..		831,81	804,06	706,45
Totaux généraux par série..		1299,90	1290,16	1209,67

339. *Conséquences des résultats contenus dans le tableau précédent.* — En résumant les résultats ci-dessus l'on reconnaît que le volume d'air sorti par les dix-neuf cheminées a été :

	lit.
1° Dans la première série, ventilation mécanique aidée par l'aspiration naturelle à travers les conduits généraux de........................	1295,90
2° Dans la deuxième série, ventilation due à la seule action de la chaleur par les conduits généraux et par les orifices latéraux du fourneau de..	1290,16
3° Dans la troisième série, ventilation mécanique aidée par l'aspiration naturelle à travers les conduits généraux et par les orifices latéraux du fourneau de..............................	1209,67
Volume moyen.............	1265,24

Ces trois résultats, presque identiques, montrent de nouveau que l'influence du ventilateur sur le volume d'air évacué par les cheminées est sensiblement nulle.

340. *Conséquence générale des trois séries d'expériences.* — Il résulte donc de cette comparaison des résultats obtenus dans ces trois séries une seconde confirmation complète de l'opinion que j'avais émise dans le rapport de la commission chargée d'examiner les projets de ventilation présentés pour le palais de justice, que, dans la plupart des cas, l'action de l'aspiration, convenablement réglée et déterminée par des appareils de chauffage bien proportionnés, suffit pour produire les effets de ventilation nécessaires, et qu'il n'y a aucun avantage à recourir à l'usage des ventilateurs insufflants.

Quant aux propriétés spéciales que M. Van-Hecke attribue à son ventilateur, il fallait, pour les apprécier, des expériences directes que nous ne pouvions faire au Vésinet.

Mais, plus tard, en 1861, j'ai fait exécuter au Conservatoire des expériences comparatives sur des ventilateurs de diverses formes. Les résultats, insérés dans les *Annales du Conservatoire* (n° 6, septembre 1861), ont montré que les

ventilateurs à hélice sont très-inférieurs à ceux qui ont des ailes planes ou des ailes courbes.

341. *Rapport entre les volumes d'air introduits dans la chambre à air et les volumes sortis des salles.* — Outre les expériences dont on vient de parler, nous en avons fait d'autres pour déterminer, autant que cela était possible dans de semblables circonstances, les volumes d'air qui étaient introduits dans la chambre à air et les comparer aux volumes d'air sortis des salles, afin de reconnaître le rapport qui pouvait s'établir entre ces volumes.

A cet effet l'on a opéré pendant la deuxième et la troisième série d'expériences, en observant les vitesses d'introduction de l'air dans la chambre à air par les deux débouchés des canaux généraux de ventilation et par les deux orifices auxiliaires ouverts à droite et à gauche du foyer. Ces quatre orifices avaient à très-peu près la même section, et en pénétrant dans la chambre à air l'on a pu, malgré la température de 32° qui régnait dans la partie supérieure, faire les observations avec soin. Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant.

EXPÉRIENCES FAITES LE 19 JANVIER 1861, A L'ASILE IMPÉRIAL DU VÉSINET, SUR LES VOLUMES D'AIR INTRODUITS DANS LES CHAMBRES DU CALORIFÈRE.

DÉSIGNATION des ORIFICES.	TEMPÉRATURES de l'air à l'entrée.	DIMENSIONS des ORIFICES.	DEUXIÈME SÉRIE. APPEL SEUL.				TROISIÈME SÉRIE. VENTILATUUR ET APPEL.			
			Observateur.	Tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse en 1".	Volume d'air introduit en 1".	Observateur.	Tours de l'anémomètre en 1'.	Vitesse en 1".	Volume d'air introduit en 1".
		m.q.			m.	m.c.			m.	m.c.
Orifice latéral.......	9°, 0	0,485×0,64=0,3104	V	910	1,66	0,5153	V	595	1,21	0,3755
Orifice latéral.......	9°, 0	0,50 ×0,60=0,3000	V	900	1,65	0,4950		618	1,24	0,3720
Orifice du ventilateur.	9°, 0	0,50 ×0,60=0,3000	L	226	0,47	0,1441	L	718	1,19	0,3570
Orifice du ventilateur.	9°, 0	0,50 ×0,60=0,3000	L	250	0,50	0,1500	L	924	1,50	0,4550
Volumes totaux........						1,3044				1,5545

342. *Examen des résultats consignés dans ce tableau.* — Les résultats que l'on vient de faire connaître sont importants à plus d'un point de vue.

La valeur des volumes totaux d'air introduits dans la chambre à air montre d'abord que, pour l'introduction de l'air dans la chambre du calorifère, le ventilateur n'a guère plus d'influence que pour l'ensemble de la ventilation puisque l'aspiration seule, même dans les conditions très-défavorables dans lesquelles elle agissait en partie, a produit un volume d'air de 1m·c,3044 qui est les 0,84 du volume introduit par l'action simultanée du ventilateur et de l'appel, et le résultat aurait encore été plus favorable à l'action de l'appel, si les orifices latéraux avaient été suffisamment grands pour dispenser d'en laisser arriver par les conduits du ventilateur.

C'est ce qui est rendu évident dans la deuxième série d'expériences faites avec l'appel seul par la différence des volumes introduits par les orifices latéraux qui ont été de 0m·c,5153 et 0m·c,4950; tandis que ceux qui sont passés par les orifices venant du ventilateur n'ont été que de 0m·c,1441 et 0m·c,1500.

343. *Rapport du volume d'air introduit dans la chambre à air au volume total évacué par les cheminées.* — Le volume total introduit par l'appel seul a été de 1m·c,3044 en 1″, tandis que dans les mêmes conditions de température intérieure et extérieure, le volume d'air évacué par les cheminées avait été trouvé (2e série, n° 333) égal à 2m·c,3909; le rapport de ces deux volumes égal à

$$\frac{1.3044}{2.3909} = 0.546$$

montre que, dans le pavillon où les expériences ont été faites, malgré l'attention que l'on a toujours eue de veiller à la

fermeture des portes et des fenêtres, l'air introduit par la circulation naturelle s'est élevée à

$$2^{m.c},3909 - 1^{m.c},3044 = 1^{m.c},0855$$

par seconde, ou à

$$\frac{1,0855}{2,3909} = 0,455$$

du volume d'air total évacué par les cheminées. Ce résultat, qui montre sous un autre point de vue toute l'influence de la ventilation produite par les différences de température, est d'ailleurs d'accord avec ce que nous avons observé à l'hôpital Lariboisière sur les pavillons ventilés par appel.

344. *Influence de la disposition respective des conduits ou des courants d'air.* — Dans celles des expériences précédentes où l'on opérait par appel seul, la facilité de l'introduction de l'air par les orifices latéraux assurait au courant d'air qui les traversait une prépondérance que nous avons déjà signalée. Mais quand le ventilateur agissait, le courant, qu'il aidait de son action, diminuait beaucoup l'entrée de l'air par les orifices latéraux en augmentant un peu la pression dans l'intérieur de la chambre, et comme le volume total introduit n'était guère accru, il s'ensuivait que l'action du ventilateur était presque plus nuisible qu'utile; mais en outre cette circonstance montre que le volume d'air qui peut arriver dans une semblable chambre ne croît pas toujours proportionnellement au nombre de scanaux d'affluence, quoiqu'il y ait d'ailleurs avantage à exagérer un peu leurs dimensions.

345. *Observations sur les calorifères.* — Les appareils de chauffage établis par M. Van-Hecke se composent d'une cloche en fonte placée directement au-dessus de la grille et de tuyaux en tôle pour la circulation de la fumée. L'ensemble se trouve isolé, du moins sur trois de ses côtés, dans l'intérieur de la chambre et loin de ses parois; la cloche, même quand le feu est modéré, est chauffée au rouge, ainsi que nous l'a-

vons observé le 19 janvier, et il doit en être de même d'une partie des tuyaux quand il fait très-froid. Nous devons dire cependant que le jour de nos expérimentations la température, dans la chambre à air, n'était que de 20° en bas et de 32° dans les parties supérieure, tandis que dans les salles elle était en moyenne de 16 à 19°. Mais quand il fait très-froid il doit en être tout autrement.

Les tuyaux en tôle peuvent, il est vrai, se diviser, quant à la circulation de la fumée, en deux groupes distincts présentant des développements inégaux qui permettent d'envoyer cette fumée dans la cheminée d'évacution après un parcours plus ou moins long, selon que l'on veut échauffer l'air à une température plus ou moins élevée.

Mais l'emploi de la tôle pour les tuyaux de fumée a été depuis longtemps abandonné par tous les bons constructeurs de calorifères, parce que la tôle se brûle facilement l'hiver et s'oxyde surtout l'été pendant que les appareils ne fonctionnent pas et qu'il en résulte, outre les frais de réparations, des chances d'incendie dangereuses. Par ce dernier motif surtout, il me semble que l'on n'aurait pas dû admettre l'emploi de ces tuyaux en tôle.

546. *De la distribution de la chaleur dans les salles.* — Lors des expériences du 29 janvier 1861, nous avons constaté avec soin la température de l'air affluent dans les salles et celle de ces salles elles-mêmes. L'air extérieur était à 9° au-dessus de zéro ; le chauffage était donc facile et pouvait être modéré. Aussi avons-nous trouvé généralement qu'à son arrivée dans les salles l'air avait une température de 22°, et que celui des salles était à 18 ou 19°, ce qui dépasse le degré nécessaire. Cette température était d'ailleurs à très-peu près uniforme dans toutes les salles, et celle des corridors variait de 10 à 11°. C'est ce que constate le tableau suivant :

TEMPÉRATURES OBSERVÉES DANS LES SALLES DU PAVILLON F DE L'HOSPICE DU VÉSINET.

GALERIE SAINTE-CLOTILDE. Rez-de-chaussée.				GALERIE SAINTE-ÉLISABETH. 1er étage.				GALERIE SAINTE-FÉLICITÉ. 2e étage.			
Numéros des salles.	Nombre des lits.	TEMPÉRATURES		Numéros des salles.	Nombre des lits.	TEMPÉRATURES		Numéros des salles.	Nombre des lits.	TEMPÉRATURES	
		des salles.	du corridor.			des salles.	du corridor.			des salles.	du corridor.
1	6	19°.5	°	1	6	18°,0	°	1	6	18°,0	°
2	6	19°,5	12	2	6	15°,5	12	2	6	19°,5	10,5
3	6	16°,0		3	6	20°,0		3	6	19°,5	
4	3	18°,5		4	3	19°,5		4	3	»	
	21	18°,4			21	18°,25			21	19°,0	
GALERIE SAINTE-MARIE. Rez-de-chaussée.				GALERIE SAINTE-CÉCILE. 1er étage.				GALERIE SAINTE-MARTHE. 2e étage.			
4	9	17°,5	°	5	1	17°,0	°	5	1	»	°
5	9	14°,5	10	6	9	17°,5	11,5	6	9	15°,0	11
6	1	16°,5		7	9	19°,0		7	9	18°,5	
				8	1	19°,5		8	1	19°,0	
	19	16°,2			20	18°,2			20	17°,3	

Nombre des lits, aile gauche, 63; aile droite, 59; total, 122 lits.

Pour nous éclairer sur les dispositions à l'aide desquelles M. Van-Hecke était parvenu à réaliser une semblable uniformité de température, que nous regardions comme assez remarquable pour mériter notre attention, d'autant plus qu'en 1859 l'on était loin de l'avoir obtenue, nous avons été forcé de faire pénétrer dans la chambre à air nos collaborateurs pour chercher à connaître les dispositions des galeries de ventilation et des tuyaux de prise et d'ascension de l'air. L'on y a aussi observé une disposition ingénieuse spécialement applicable, il est vrai, à des cas analogues à celui qui nous occupe.

Après notre visite, M. Laval, architecte de l'établissement, a eu l'obligeance de nous procurer le dessin de cette dispo-

sition dont un des éléments principaux est représenté dans la figure de la page 519, et que nous allons chercher à décrire.

347. *Description des galeries inférieures de distribution de l'air chaud.* — Ainsi que nous l'avons dit, l'air échauffé au contact et par la radiation des parois du calorifère se répand dans la chambre de cet appareil, qui y est presque complétement isolé, et par suite de l'arrivée continue d'air frais, il s'établit dans cette chambre des couches d'air à des températures croissantes et très-différentes depuis le sol jusqu'à la voûte.

Deux galeries, partant de la chambre à air, un peu au-dessus de son sol, se dirigent vers l'axe longitudinal des ailes gauche et droite et sont destinées à conduire l'air chaud dans toute la longueur de ces ailes. L'intrados des voûtes de ces galeries, qui ont $0^{m},75$ de largeur dans œuvre est de niveau sur toute leur longueur; leur sol, ou radier, a une rampe ascendante de $0^{m},035$ par mètre, à partir de la chambre à air; de sorte que la hauteur sous clef, qui est à l'origine pour l'aile gauche de $2^{m},00$, n'est à l'extrémité sous la salle n° 4 que de $0^{m},96$. A leur passage au-dessous des murs de refend ces galeries communiquent avec trois conduits verticaux, qui répartissent l'air dans les salles correspondantes. Mais lors de la première mise en activité des appareils, la facilité plus grande d'accès que l'air trouvait vers les conduits et les salles les plus voisines du calorifère occasionnait des différences très-considérables dans les températures et dans les volumes d'air répartis dans les salles, de sorte que les plus éloignées ne recevaient, à certaines époques, que peu ou point de chaleur.

M. Van-Hecke a cherché depuis à remédier à ce défaut par la disposition suivante.

L'inégalité de température de l'air dans la chambre à air, dont la partie supérieure est à 32^{0}, tandis que la partie voisine du sol n'est à peu près qu'à la température de 20^{0}, se propageait immédiatement dans les galeries où des différen-

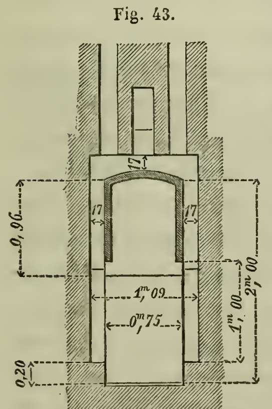
ces analogues se produisaient aussi et étaient évidemment l'une des causes principales de celles que l'on observait dans la répartition de la chaleur dans les salles.

Pour corriger, autant que possible, ce défaut, M. Van-Hecke a établi au-dessous de chaque mur de refend des dispositions qui ont pour but, et, à certaines époques, pour effet, comme nous l'avons déjà constaté, de régulariser beaucoup mieux la température. Au-dessous de chacune des séries de tuyaux ascendants il a pratiqué dans les conduits un élargissement de 0m,17 de chaque côté à l'origine, et qui se réduit successivement à 0m,16 et à 0m,15 vers l'extrémité. Cet élargissement, qui règne sur toute la hauteur du conduit, offre vers le bas, à droite et à gauche, des orifices horizontaux d'introduction ou de passage à l'air dont les dimensions sont les suivantes, pour l'aile gauche, par exemple :

Salles	1	2	3	4
Hauteur.....	0m ,17	0m ,16	0m ,16	0m ,15
Largeur.....	0 ,50	0 ,50	0 ,50	0 ,50
Surfaces.....	0m·q,085	0m·q,085	0m·q,080	0m·q,075

Au-dessus de ces orifices sont placés des espèces de diaphragmes en zinc en forme de voûte surbaissée, qui forment de chaque côté avec la paroi du précédent des canaux latéraux par lesquels l'air arrive aux conduits verticaux.

Fig. 43.



La figure ci-jointe représente en section transversale cette disposition qui a les résultats suivants :

Au-dessous du premier mur de refend, salle 1, la prise d'air ne permettant que l'accès de l'air des couches situées à 1 mètre au plus au-dessus du sol et à 1 mètre au-dessous de l'intrados horizontal de la voûte, l'air qui y pénètre se trouve mêlé d'air relativement frais et d'une portion d'air chaud.

Au-dessous du second mur, la prise d'air est à $0^m,70$ en contre-bas de la voûte; au troisième mur, elle est à $0^m,50$, et au quatrième, à $0^m,35$. Ces ouvertures admettent donc de l'air pris d'autant plus près de la voûte ou dans la région où il est chaud qu'elles sont plus éloignées de la chambre; mais en même temps, par l'effet de la circulation, le mélange des couches de différentes températures s'est opéré de plus en plus, tandis que, d'autre part, l'air le plus chaud a, dans certains cas, pu se refroidir un peu, et il résulte de ces causes concordantes et de l'égalité presque complète des aires de passage pour les salles nos 1, 2 et 3 de l'aile gauche dont nous parlons, que pour le cas des températures modérées d'hiver, les volumes d'air et les températures peuvent être assez uniformément réparties. Mais il ne s'ensuit pas nécessairement qu'il en puisse être de même en tout temps et surtout par de très-basses températures extérieures, parce que les calorifères devant alors fournir beaucoup plus de chaleur, la répartition des températures aux différentes hauteurs de la chambre à air et des galeries pourrait être tout autre, et que, dès lors, des inégalités très-sensibles pourraient s'établir entre les températures des diverses salles. Les hauteurs auxquelles il convient de prendre l'air dans ce dispositif dépendent donc de circonstances variables, et quoiqu'il permette de régulariser assez bien les températures à un même étage, il y a des circonstances où il serait nécessaire de modifier ces hauteurs. C'est ce qu'il serait, du reste, assez facile de faire, en adaptant aux diaphragmes en zinc de petites ventelles mobiles.

Les résultats des observations de températures faites dans l'hiver de 1860-61 par M. le directeur de l'asile et relatés plus loin montrent en effet que si, dans l'aile gauche du pavillon F, les températures, quoique parfois trop basses, ont été assez uniformes à un même étage, il n'en a pas été à beaucoup près de même dans l'aile droite, où il a fait généralement trop froid, et dont les salles les plus éloignées du calorifère ont été beaucoup moins bien chauffées que celles qui en étaient plus rapprochées.

L'on peut se demander si l'inégalité de température qui s'établit dans les chambres à air et aux conséquences de laquelle le dispositif que l'on vient de décrire a pour objet de remédier, et qui sont le résultat de la grande capacité de la chambre et de l'isolement du calorifère des parois de cette chambre, est en définitive avantageuse ou nuisible.

Elle crée, comme on vient de le voir, une difficulté assez grande à l'uniformité de température des salles; mais, d'une autre part, l'isolement du calorifère a pour effet que si une partie de l'air, celle qui s'est le plus échauffée par le contact des surfaces métalliques portées au rouge, a pu éprouver quelque altération, le reste, qui n'est chauffé que par le rayonnement de l'appareil et par un mélange incomplet avec la première portion, doit avoir conservé son humidité et sa pureté naturelle; de sorte que le mélange qui se fait ultérieurement n'est pas aussi insalubre qu'il l'aurait été, si le calorifère avait été entouré de plus près par les parois de la chambre. Cette dernière opinion n'a rien d'improbable, et si elle était tout à fait exacte, l'isolement des calorifères à air chaud serait peut-être un moyen de diminuer les inconvénients qu'on leur reproche avec raison.

Nous devons faire observer que la forme donnée par M. Van-Hecke à son diaphragme en zinc et la manière dont il est placé produisent une inégalité très-sensible dans le volume d'air qui passe par le conduit vertical du milieu de chaque mur de refend, lequel alimente le rez-de-chaussée. C'est ce dont il est facile de se rendre compte par l'examen du profil représenté précédemment, et c'est aussi ce qui explique comment, dans toutes nos expériences, les volumes d'air évacués par les cheminées des galeries du rez-de-chaussée n'ont été que les 0.70 à 0.75 environ de ceux qui étaient extraits des deux autres étages, malgré l'avantage que la hauteur de la cheminée d'évacuation devait au contraire donner à ces galeries. Mais cet inconvénient serait facile à corriger en supprimant une partie des cloisons inférieures en briques de ce conduit central.

Malgré ce que cette disposition offre d'ingénieux et le succès qu'elle obtient pour des températures modérées de l'air extérieur qui n'obligent pas à chauffer trop fortement l'air de la chambre du calorifère, l'on ne parvient pas à obtenir dans les salles et dans les corridors ou galeries des températures convenables lorsque le thermomètre descend de plusieurs degrés au-dessous de zéro. Dans le cours de l'hiver 1860-61, il est arrivé souvent que la température de certaines salles n'a pu être élevée au-dessus de six, huit ou neuf degrés au-dessus de zéro, et que celle des galeries ou promenoirs n'était en même temps que de un degré et demi, deux degrés et demi à trois degrés; ce qui était certainement bien insuffisant pour des femmes convalescentes et pour des salles destinées à des nourrices et à des enfants nouveau-nés. C'est ce qui est d'ailleurs constaté dans les tableaux suivants relevés par les soins de M. le directeur de l'asile.

TEMPÉRATURES OBSERVÉES EN JANVIER 1861 DANS LES SALLES ET LES CORRIDORS DU PAVILLON F DE L'ASILE DU VÉSINET.

AILE GAUCHE.

DATES.	GALERIE SAINTE-CLOTILDE. Rez-de-chaussée. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	GALERIE SAINTE-ÉLISABETH Premier étage. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	GALERIE SAINTE-FÉLICITÉ. Deuxième étage. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	TEMPÉRATURE extérieure.	
Janv.	1	17°		1	15°		1	15°		matin	14°
9	2	16	5°	2	18	8°	2	16	5°	midi	7
	3	11		3	19		3	15		soir	9
	4	16		4	18		4	16			
15	1	14		1	16		1	16		matin	12
	2	13	4	2	17	7	2	16	3	midi	5
	3	10		3	21		3	15		soir	7
	4	11		4	14		4	14			
16	1	14		1	17		1	16		matin	12
	2	12	2,5	2	18	6	2	16	1,5		
	3	10		3	19		3	14			
	4	10		4	12		4	12			

AILE DROITE.

DATES.	GALERIE SAINTE-MARIE. Rez-de-chaussée. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	GALERIE SAINTE-CÉCILE. Premier étage. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	GALERIE SAINTE-MARTHE. Deuxième étage. Numéros des salles.	Température des salles.	Température des corridors.	TEMPÉRATURE extérieure.	
Janv.	1	13°		2	14°		2	12°		matin	14°
9	2	15	5°	3	14,5	5°	3	10	55	midi	7
	5	13		5	11		5	11		soir	9
	6	16		7	16		7	15			
15	1	8		2	6		2	5		matin	12
	2	9	4	3	7	5	3	5	3	midi	5
	5	9,5		5	12		5	10		soir	7
	6	12		7	16		7	16			
16	1	6		2	6		2	6		matin	12
	2	9	3	3	8	4	3	6	3		
	5	10		5	12		5	11			
	6	13		7	17		7	14			

Il est donc bien établi que, malgré l'accroissement successif du nombre des calorifères, les moyens de chauffage sont encore insuffisants pour la saison d'hiver, puisque dans certaines salles la température s'est abaissée à six, sept et huit degrés, et que, dans les corridors qui servent de promenoirs, elle est descendue à un degré cinq dixièmes, et à deux degrés cinq dixièmes.

348. *Excès de température de l'air affluent.* — D'autre part, si, pour obvier à cette insuffisance, on augmente l'intensité du feu, il en résulte des inconvénients graves qui m'ont été signalés dans une visite que j'ai faite le 31 octobre 1860 à l'asile.

M. le docteur Guionis, médecin de l'établissement, faisant sa tournée au moment de mon arrivée, je l'ai rencontré dans une des salles consacrées aux nourrices, au premier étage; il était accompagné de deux sœurs et de ses deux aides. — Il m'a été affirmé, tant par les femmes convalescentes que par M. Guionis et les autres personnes présentes, qu'il arrivait souvent que les femmes, et surtout les enfants, dont le lit était placé près des bouches de chaleur étaient tellement incommodés par la haute température de l'air affluent, que plusieurs fois l'on avait été obligé de les changer de place. Ce fait, analogue à celui qui m'avait été antérieurement signalé à l'hôpital Necker, pour des appareils du même constructeur, justifie pleinement les objections faites à l'emploi des calorifères à air chaud ordinaires dans les hôpitaux, où il importe, plus que partout ailleurs, que l'air affluent soit pur et à une température modérée.

Enfin, si la disposition adoptée par M. Van-Hecke et par laquelle ses calorifères et leurs tuyaux sont complétement isolés des parois de la chambre à air et de toute maçonnerie, permet d'utiliser de suite la chaleur qu'ils développent pour échauffer rapidement l'air que l'on veut envoyer dans les salles, elle offre l'inconvénient de rendre aussi le chauffage très-variable, selon l'activité du feu, et pour peu que le chauf-

feur se néglige, ce qui ne peut manquer d'arriver, surtout la nuit, il doit y avoir des alternatives fréquentes d'excès et d'absence de chaleur.

Toutes ces irrégularités ne se présentent pas au même degré dans les hôpitaux chauffés à l'aide de poêles à eau chaude par circulation d'eau ou de vapeur quand ils sont bien proportionnés; l'expérience a prouvé depuis longtemps que l'on pouvait en toute saison régler la température au degré voulu et lui donner la stabilité désirable. Par tous ces motifs, je ne puis donc que persister dans l'opinion que j'ai émise au sujet de l'emploi des calorifères à air chaud ordinaires dans les hôpitaux, et en général dans tous les lieux habités où le chauffage doit être continué avec régularité et modération pendant un laps de temps considérable.

Mais je dois ajouter que, dans beaucoup de cas, lorsque les calorifères à air chaud sont accompagnés d'une chambre à air, dans laquelle, à l'aide de registres convenablement manœuvrés, on peut opérer le mélange de l'air froid et de l'air chaud, de manière à donner à l'air nouveau une température modérée, il pourra convenir d'employer ces calorifères. J'en donnerai un exemple remarquable quand je parlerai des amphithéâtres.

349. *De l'évacuation de l'air.* — L'on a vu plus haut quels étaient les résultats généraux des appareils de ventilation établis par M. Van-Hecke; mais il nous reste encore à examiner comment les volumes d'air évacués sont répartis entre les diverses salles d'un même étage ou des différents étages.

L'air afflue dans les salles par des cheminées verticales pratiquées dans les murs de refend, et qui ont à droite et à gauche leur débouché à même hauteur dans les deux salles séparées par un même mur. Ces ouvertures circulaires sont munies d'un registre ou papillon de même forme, que l'on peut tourner à la main, de manière à découvrir, ou à fermer en partie les huit secteurs ménagés dans les registres. Il en résulte, il est vrai, pour les malades, la facilité de modérer

la chaleur des salles; mais ce n'est qu'aux dépens du volume d'air affluent.

Cette disposition, qui établit une communication directe d'une chambre à l'autre, présente des inconvénients et apporte dans certains cas un trouble complet, ou tout au moins une grande inégalité, dans la ventilation.

C'est ce que nous ont montré les expériences, ainsi qu'on peut s'en assurer par l'examen du tableau qui en contient les résultats.

Ainsi, par exemple, tandis que dans la première série, où le ventilateur agissait seul, l'on voit que dans la galerie Sainte-Clotilde, dont les salles n° 1, n° 2 et n° 3, contiennent chacune six lits, et ont deux cheminées d'appel, il a été évacué par ces cheminées.

DÉSIGNATION DES SALLES.	NOMBRE de lits.	VOLUME D'AIR fourni en 1".	VOLUME D'AIR fourni par heure et par lit.
		lit.	m.c.
Salle n° 1.................	6	72,00	43,20
Salle n° 2.................	6	85,65	51,39
Salle n° 3.................	6	38,15	22,89

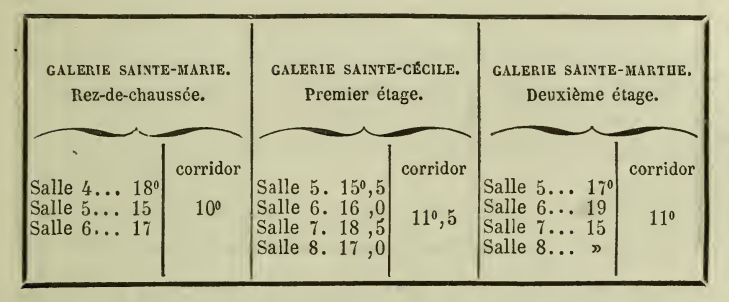
Dans la galerie Sainte-Élisabeth on a observé les résultats suivants :

DÉSIGNATION DES SALLES.		NOMBRE de lits.	VOLUME D'AIR fourni en 1".	par heure et par lit.
			lit.	m.c.
Salles.......	N° 1....	6	73,13	43,88
	N° 2....	6	98,40	59,04
	N° 3....	6	99,00	59,40
	N° 4....	6	78,88	94,66

Mais le fait le plus curieux et qui a été constaté dans les deux dernières séries d'expériences, c'est que, malgré la libre ouverture de deux cheminées d'évacuation de la salle n° 5 de

la galerie Sainte-Marie du rez-de-chaussée, qui contient neuf lits, il ne s'y est fait par l'une des cheminées aucune évacuation d'air pendant une partie de la journée, et que les orifices d'introduction d'air chaud dans cette salle ne lui fournissaient rien.

Il est de plus remarquable que toutes les salles de cette galerie, malgré sa situation au rez-de-chaussée, n'ont fourni à l'évacuation qu'un volume d'air bien inférieur à celui des salles correspondantes des autres étages, et cependant les températures n'y étaient guère plus basses que celles des autres salles, puisque l'on y a fait les observations suivantes :



GALERIE SAINTE-MARIE. Rez-de-chaussée.		GALERIE SAINTE-CÉCILE. Premier étage.		GALERIE SAINTE-MARTHE. Deuxième étage.	
	corridor		corridor		corridor
Salle 4... 18°	10°	Salle 5. 15°,5	11°,5	Salle 5... 17°	11°
Salle 5... 15		Salle 6. 16 ,0		Salle 6... 19	
Salle 6... 17		Salle 7. 18 ,5		Salle 7... 15	
		Salle 8. 17 ,0		Salle 8... »	

Il suit donc de ces remarques, que nous pourrions multiplier, que le renouvellement de l'air dans les salles est très-irrégulièrement assuré, et que, quand certaines salles fournissent à l'évacuation $94^{m.c},66$ par heure et par lit, d'autres n'en donnent que $22^{m.c},89$, et quelques-unes point du tout.

Si l'évacuation de l'air à un même étage est irrégulière, on voit qu'il en est à peu près de même en prenant les résultats moyens par étage et par lit. Ainsi, en réunissant les volumes d'air évacués à chaque étage et à chaque galerie par les cheminées des chambres de ces galeries, l'on forme le tableau suivant :

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DES OBSERVATIONS FAITES LE 29 JANVIER 1861 SUR LES EFFETS DE LA VENTILATION DANS LES SALLES DU BATIMENT F DE L'HOSPICE DU VÉSINET.

GALERIE SAINTE-CLOTILDE Rez-de-chaussée.			GALERIE SAINTE-ÉLISABETH 1er étage.			GALERIE SAINTE-FÉLICITÉ 2e étage.		
Nombre de lits.	Volume d'air évacué en 1 heure.		Nombre de lits.	Volume d'air évacué en 1 heure.		Nombre de lits.	Volume d'air évacué en 1 heure.	
	Total.	par lit et pa heure.		Total.	par lit et par heure.		Total.	par lit et par heure.
	m.c.	m.c.		m.c.	m.c.		m.c.	m.c.
21	960,05	45,71	21	1257,87	59,90	21	1177,78	56,09
GALERIE SAINTE-MARIE Rez-de-chaussée.			**GALERIE SAINTE-CÉCILE 1er étage.**			**GALERIE SAINTE-MARTHE 2e étage.**		
	m.c.	m.c.		m.c.	m.c.		m.c.	m.c.
19	1188,68	62,56	20	1572,70	78,63	20	1572,34	78,61

350. *Conséquences de ces résultats.* — L'examen de ce résumé, ainsi que celui des résultats comparatifs des salles d'un même étage, montrent que la ventilation n'est pas régulière par salle et surtout par lit, puisque la moyenne pour un même étage varie de $45^{m.c},71$ par heure et par lit jusqu'à $78^{m.c},63$, et que d'une salle à l'autre d'un même étage, elle varie aussi beaucoup.

Malgré leur irrégularité ces volumes d'air évacués seraient en moyenne suffisants si les conditions du marché, que je ne connais pas, avaient fixé les volumes d'air à extraire des salles à $30^{m.c}$ par heure et par lit.

351. *Instabilité de la ventilation.* — Les circonstances que nous avons signalées plus haut montrent que la ventilation dans les différentes salles est loin d'être régulière, mais elle a en outre le défaut très-grave d'être très-peu stable et sou-

mise à l'action perturbatrice des vents. L'isolement des cheminées, qui débouchent toutes séparément dans les greniers à hauteur de leur sol, est la cause de ces deux inconvénients, que j'ai déjà signalés tant pour l'asile du Vésinet que pour l'hôpital Necker.

Il résulte, en effet, de la faiblesse et de l'irrégularité du tirage de ces cheminées, où la vitesse n'est en moyenne que de $0^m,60$ à $0^m,70$ ou 1 mètre, et descend souvent bien au-dessous de ces valeurs, que, par les vents violents d'ouest et du sud-ouest, l'air est refoulé dans les salles. Je l'avais constaté antérieurement par les renseignements pris auprès des femmes convalescentes, et le fait m'a été de nouveau confirmé, le 31 octobre 1860, par M. le docteur Guionis, médecin de l'hospice, par les sœurs et par les aides du médecin, qui m'ont unanimement déclaré que ces rentrées d'air étaient parfois assez fortes pour qu'on fût obligé de faire changer de lit les malades, qui étaient placées près des bouches d'appel de l'air vicié.

Ce défaut, qui tient, ainsi que je l'ai dit, à la faiblesse de l'aspiration, pourrait être corrigé en réunissant, comme je l'ai indiqué, tous les débouchés des cheminées dans des conduits qui mèneraient l'air dans une cheminée générale d'appel convenablement construite et qui devrait être chauffée, l'hiver, au moins par les tuyaux de fumée des calorifères, s'il est encore possible de modifier les dispositions existantes. Mais pour la ventilation de nuit, si nécessaire l'été, il serait indispensable de recourir à des dispositions spéciales, telles qu'un foyer ou des becs de gaz auxiliaires.

352. *Conclusions générales.* — En résumé, toutes les expériences dont je viens de faire connaître les résultats, et qui ont été exécutées avec le concours de M. Tresca, en présence de M. Laval, architecte de l'établissement, et de M. le docteur Van-Hecke (pour la première série), prouvent d'une manière que je regarde comme incontestable :

1° Que l'usage d'un ventilateur pour l'introduction et l'é-

vacuation de l'air dans les salles est complétement inutile pendant la saison d'hiver, alors que l'on peut utiliser les effets d'aspiration que produit la dilatation de l'air;

2° Que dans l'état actuel des dispositions locales, cet appareil n'exerce qu'une très-faible influence sur l'arrivée de l'air dans la chambre des calorifères, et que l'aspiration, favorisée par de bonnes dispositions, y ferait seule arriver autant d'air;

3° Que la ventilation est irrégulière, et n'a pas la stabilité suffisante, par suite de l'absence d'une cheminée générale d'évacuation convenablement construite et chauffée;

4° Que la température, bien qu'uniformément répartie lorsque celle de l'air extérieur est modérée, n'est pas suffisante en temps d'hiver, et que, dans cette saison, l'air affluent dans certaines salles est souvent beaucoup trop chaud;

5° Que le volume d'air fourni et évacué n'est pas assez également réparti, et que parfois la ventilation de certaines salles est tout à fait nulle, ce qui tient aux communications directes établies à tort entre les salles contiguës.

D'une autre part, les expériences de MM. Leblanc et Ser, exécutées aux mois d'avril et de mai 1861 à l'hôpital Necker, alors que la température extérieure n'a varié que de 8° à 15°, ont montré que, quand on ne chauffe pas les calorifères, les volumes d'air introduits dans les salles, ainsi que ceux d'air vicié qui en sont évacués, ne s'élèvent qu'à 36 ou 40$^{m.c}$ par heure et par lit, et que le ventilateur ne contribue dans ce dernier volume que pour 780 mètres cubes par heure ou par lit $\frac{780}{177} = 4^{m.c},40$ par heure et par lit; ce qui fait voir que dans les saisons de printemps et d'automne l'effet de cet appareil est à peu près insignifiant.

Dans ces saisons et dans l'été l'évacuation de l'air vicié ne saurait d'ailleurs être assurée par ces appareils qui, par conséquent, sont loin de satisfaire au but principal de toute ventilation hygiénique.

353. *Comparaison des dépenses annuelles occasionnées par les divers appareils.* — Après avoir cherché à déterminer, aussi exactement que possible, à l'aide des documents fournis par différents observateurs, les volumes d'air réellement obtenus pour la ventilation par les trois systèmes d'appareils que nous venons d'examiner, il importe de se rendre compte du prix de revient de ces volumes d'air. Mais, attendu que les effets ne sont pas les mêmes, et que, par conséquent, il ne suffit pas de comparer la dépense par lit pour ces ventilations inégales, il faut rapporter la dépense annuelle au mètre cube d'air de ventilation.

Par cette expression nous entendrons, dans ce qui va suivre, la dépense faite pour obtenir régulièrement l'évacuation, et par conséquent, l'entrée d'un volume d'air d'un mètre cube par heure pendant toute l'année et pour chaque lit. C'est ce que nous allons tâcher de faire, à l'aide des éléments suivants, et en rappelant que les dépenses de premier établissement se sont élevées pour les appareils de :

M. Thomas et Laurens à..	808 fr.	par lit *.
M. L. Duvoir à...........	480	id.
M. Van-Hecke à.........	236	id.

1re ESTIMATION.

354. *Prix du chauffage par les appareils de ventilation par insufflation à l'hôpital Lariboisière.* — La dépense totale de l'année 1855 a été de.. 46 590 fr. 61

M. Grassi pense que, pour apprécier la dépense réelle du chauffage et de la ventilation, il y a lieu de déduire de cette

A reporter........ 46 590 fr. 61

* L'on a prétendu que ces appareils auraient pu servir et avaient été faits pour les deux parties de l'hôpital, mais cette assertion ne pourrait s'appliquer qu'aux machines à vapeur et aux ventilateurs, pour lesquels elle ne serait pas même exacte.

Report		46 590 fr. 61
somme* les dépenses des services auxiliaires suivants :		
1° Chauffage de la communauté....................	1 336 fr. 50	
2° Service des bains......	2 500 »	
3° Service de la buanderie**	13 003 »	
4° Économie à faire sur le salaire des mécaniciens et chauffeurs***..............	6 827 »	
Report des sommes à déduire...		23 566 fr. 50
Il resterait donc pour les dépenses annuelles..............................		22 924 fr. 11
Mais, dans cette première estimation, M. Grassi a négligé de tenir compte de l'intérêt du capital employé à l'établissement des appareils, et qui s'est élevé à 247 360 fr., dont l'intérêt et l'amortissement réunis ne peuvent être comptés à moins de 10 p. 100 : il y a donc lieu d'ajouter à la dépense annuelle ci-dessus..........................		24 736 »
Dépense totale annuelle.........		47 660 fr. 10

Le nombre total des lits étant de 306, la dépense annuelle par lit serait donc, d'après cette estimation :

Si l'on fait abstraction des intérêts, de..	74 fr. 91
Si l'on tient compte des intérêts, de....	155 78

* *Annales d'hygiène*, tomes V et VI, page 245.

** Cette évaluation paraît exagérée, et la dépense ne semble pas dépasser 4000 fr.

*** Cette autre réduction paraît aussi trop forte, puisque actuellement le salaire de ces ouvriers s'élève à 4000 fr.

2e ESTIMATION.

Dans une autre appréciation qu'il a faite plus tard, en se basant sur des données relatives à l'année 1859, et qu'il a empruntées à M. Trélat, M. Grassi estime les dépenses des mêmes appareils comme il suit :

512 112 kilog. de houille à 43 fr. le 1000.	22 020 fr.	82
Un mécanicien........................	2 200	»
Un chauffeur..........................	1 200	»
Entretien des appareils...............	5 000	»
Total des dépenses annuelles....	30 420	82
Intérêt et amortissement du capital.....	24 736	»
Dépense totale annuelle........	55 156 fr.	82

D'où il résulterait que la dépense annuelle, par lit, serait :

En faisant abstraction des intérêts, de..	99 fr.	40
En tenant compte des intérêts, de.....	180	24

Cette estimation nous semble exagérée.

3e ESTIMATION.

D'après un état qui nous a été fourni par la direction de l'hôpital Lariboisière, la dépense, pour les trois pavillons qui nous occupent, a été, en 1858, savoir :

Personnel...............	5 775 fr.	»		
653 990 kilog. de houille, à 43 fr. les 1000...............	28 121	57		
Réparations et entretien....	1 501	»		
A reporter......	35 397 fr.	57	35 397 fr.	57

Report........		35 397 fr. 57
Mais il y a lieu d'en retrancher, pour les services auxiliaires suivants :		
1° Chauffage de la communauté.....................	1 336 fr. 50	
2° Service des bains........	2 500 »	
3° Buanderie *...........	4 000 »	
	7 836 fr. 50	7 836 50
Dépense annuelle..............		27 561 07
A quoi il convient d'ajouter pour intérêts.		24 736 »
Dépense annuelle totale.........		52 297 fr. 07

D'où il résulterait que la dépense annuelle, par lit, à raison de 306 lits, serait :

En faisant abstraction des intérêts, de...	90 fr. 07
En tenant compte des intérêts, de......	170 90

4ᵉ ESTIMATION.

L'administration de l'Assistance publique, dans un rapport adressé à M. le préfet de la Seine, à la date du 3 février 1860, estime la dépense annuelle de fonctionnement et d'entretien, par lit, à........... 101 fr. 90

Mais il ne paraît pas que dans cette évaluation elle ait fait entrer en ligne de compte les intérêts et l'amortissement du capital, qui s'élèvent à 80 fr. 83 c. par lit, à raison de

A reporter....... 101 fr. 90

* En 1854, la buanderie, dont le service se faisait à part, n'étant pas desservie par l'appareil de MM. Thomas et Laurens, on a consommé, pour 10 mois, 511 190 kilog. de houille, soit pour 12 mois....... 561 190 kil.
Par conséquent, le service de la buanderie ne doit entrer dans la consommation totale de.............................. 613 990
que pour.. 92 800 kil.
qui, à 43 fr. le mille, ne coûtent que 3990 fr.

Report..........	101 fr. 90
24 736 fr. pour 306 lits. En tenant compte de ces intérêts..........................	80 83
La dépense totale annuelle, par lit, serait de..	182 fr. 73

Cette dernière estimation est presque exactement celle à laquelle l'administration de l'Assistance publique paraît s'être arrêtée, dans le travail qu'elle vient de publier sous le titre d'*Études sur les hôpitaux*, page 352, et qui monte à 185 fr. 28 c.

En résumé, les estimations que nous venons de détailler s'élèvent, par lit et par an, aux chiffres suivants :

	INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT du capital	
	COMPRIS.	NON COMPRIS.
	fr. c.	fr. c.
Estimation de M. Grassi.................	155 78	74 62
Estimation du même auteur..............	180 24	99 00
Résultats des comptes de 1858...........	170 90	90 07
Estimation de l'Administration de l'Assistance publique.......................	182 73	101 90
Moyennes........................	172 41	91 40

Le volume d'air fourni pour la ventilation par ces appareils étant moyennement, d'après les résultats rapportés précédemment, de 70m.c par lit et par heure*, il s'ensuit que la ventilation annuelle, à raison d'un mètre cube d'air par heure, coûte, avec les appareils de chauffage par la vapeur et de ventilation par insufflation, en tenant compte des intérêts du capital.................. 2 fr. 43

En faisant abstraction des intérêts..... 1 30

* Il convient cependant de rappeler que le volume d'air évacué des salles pendant l'été ne s'élève qu'à 30 ou 35m.c par heure et par lit.

355. *Appareils de chauffage à l'eau et de ventilation par aspiration.* — Les conditions du marché de M. L. Duvoir-Leblanc pour l'hôpital Lariboisière sont de chauffer et de ventiler, à raison de $60^{m.c}$ par heure et par lit, pour.................. 13 fr. 90 par jour.

De fournir l'eau nécessaire aux malades pour.......................... 2 60

Total................ 16 fr. 50

par pavillon en hiver.

En été, pour la ventilation de nuit.... 6 fr. 70

Pour la fourniture de l'eau chaude.... 2 60

9 fr. 30

par jour et par pavillon.

On lui paye, de plus, toute l'année, pour la ventilation des cabinets, 2 fr. par jour et par pavillon, et pour l'entretien des appareils, 1 200 fr. par an.

1re ESTIMATION.

La dépense annuelle, calculée d'après ces bases, a été, en 1855, de............................. 18 152 fr. 70

M. Grassi fait observer qu'il convient d'ajouter à cette somme, pour la ventilation d'été pendant le jour (ce qui n'est pas très-juste, puisque pour les appareils d'insufflation l'on profite, comme pour ceux qui procèdent par appel, de la facilité d'ouvrir les fenêtres), pour 153 jours, à raison de 6 fr. 70 par jour.......................... 30 75 30

21 228 fr. »

La dépense de premier établissement ayant été de 147,000 fr., il y a lieu d'ajouter, pour intérêts et amortissement...... 14 700 »

Dépense annuelle totale.......... 35 928 fr. »

D'où il résulterait que la dépense annuelle, par lit, serait :

En faisant abstraction des intérêts.....	69 fr. 38
En tenant compte des intérêts.........	117 41

2e ESTIMATION.

Les états de dépense pour l'année 1858 font monter les frais pour cette année à..	15 962 fr. »
L'éclairage a coûté.................	105 64
En ajoutant, pour la ventilation d'été pendant le jour......................	3 075 30
La dépense totale a été de.............	19 142 fr. 94
A quoi il faut ajouter, pour intérêts et amortissement.........................	14 700 »
Dépense annuelle totale.........	33 842 fr. 90

D'où il résulterait que la dépense annuelle et par lit serait :

En faisant abstraction des intérêts....	62 fr. 57
En tenant compte des intérêts.........	110 60

3e ESTIMATION.

L'administration de l'Assistance publique admet pour la dépense annuelle de fonctionnement et d'entretien, par lit, pour ces appareils, sans tenir compte des intérêts .... 51 fr. »

A quoi il convient de joindre pour les intérêts, à raison de 14,700 fr. pour 306 lits. 48 03

Dépense annuelle totale......... 99 fr. 03

4e ESTIMATION.

Enfin, l'administration de l'Assistance publique, dans les *Études sur les hôpitaux* qu'elle vient de publier, estime la dépense annuelle par lit à 78 fr. 82 (page 353), mais en ne comptant les intérêts qu'à 5 pour 100, de sorte qu'en les faisant entrer, comme ci-dessus, à 10 pour 100, ce chiffre revient à 102 fr. 70, intérêts compris.

En résumé, les quatre estimations précédentes conduisent à apprécier les dépenses des appareils chauffés à l'eau et ventilés par aspiration ainsi qu'il suit :

	INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT du capital	
	COMPRIS.	NON COMPRIS.
	fr. c.	fr. c.
Estimation de M. Grassi..................	117 00	69 38
Résultat du compte de 1858..............	110 60	62 57
Estimation de l'administration de l'Assistance publique en 1860..............	99 03	51 00
Estimation de l'administration de l'Assistance publique en 1862..............	102 70	54 92
Moyennes......................	107 33	65 42

Le volume d'air fourni et extrait s'élevant, d'après l'ensemble des expériences, à 75m.c par heure et par lit, il s'ensuit que la ventilation annuelle, à raison d'un mètre cube d'air par heure, coûte, avec les appareils de chauffage à l'eau et de ventilation pas aspiration :

En faisant abstraction des intérêts.....	0 fr. 79
En tenant compte des intérêts.........	1 43

556. *Appareils de M. le docteur Van-Hecke.* — D'après les estimations de M. Grassi relatives aux appareils de M. Van-Hecke, la dépense pour le chauffage et la ventilation de

l'hôpital Necker, de jour et de nuit, s'établirait ainsi qu'il suit :

87 430 kilog. de houille à 43 fr........	3 759 fr.	»
Deux chauffeurs à 1200 fr. *...........	2 400	»
Entretien de l'appareil.................	300	»
	6 459 fr.	»

Mais il est évident que, le service devant être fait de jour et de nuit, les deux chauffeurs sont nécessaires pour les trois poêles, et qu'il faut ajouter à ces dépenses celle d'un mécanicien de jour et d'un autre pour la nuit pour le service de la machine *. Cependant, le service se faisant actuellement par deux chauffeurs à l'hôpital Necker, nous admettrons les chiffres précédents; mais il faut y ajouter, pour les intérêts du capital de 42 500 fr....................... 4 250 »

Dépense totale annuelle........	10 709 fr.	»

La dépense totale annuelle, à raison de 180 malades, serait donc, par lit :

En faisant abstraction des intérêts......	35 fr.	88
En tenant compte des intérêts.........	59	50

Mais l'on a vu que les expériences faites à l'hôpital Beaujon et surtout celles qui ont été exécutées à l'hôpital Necker par MM. Leblanc et Ser, montrent que le volume d'air réellement introduit dans les salles et celui qui en est extrait n'excèdent guère 39$^{m.c}$ en moyenne, par heure et par lit.

* A l'hôpital Lariboisière, pour une seule machine et un seul foyer, on paye 5775 fr.

Par conséquent, la ventilation annuelle, à raison d'un mètre cube d'air par heure, avec ces appareils, coûte :

En faisant abstraction des intérêts.....	0 fr. 92
En tenant compte des intérêts.........	1 53

En résumé, d'après les estimations précédentes, prises à diverses sources, les dépenses occasionnées par les trois systèmes de chauffage et de ventilation que nous avons comparés sous ce rapport peuvent être estimées ainsi qu'il suit :

APPAREILS EMPLOYÉS.	PRIX DE LA VENTILATION annuelle à raison d'un mètre cube par heure, intérêts et amortissement du capital à 10 p. 100.	
	Compris.	Non compris.
	fr. c.	fr. c.
Appareils de chauffage à la vapeur et de ventilation par insufflation.............	2 43	1 30
Appareils de chauffage à l'eau et de ventilation par aspiration......................	1 43	0 79
Appareil de M. le docteur Van-Hecke......	1 53	0 92

557. *Comparaison des consommations de combustible faites par les trois appareils de ventilation précédents.* — Quoiqu'il soit assez difficile quand, comme moi, l'on n'a pas à sa disposition tous les documents administratifs nécessaires, de se rendre un compte exact des consommations de combustible faites dans des services aussi complexes que ceux que je me propose de comparer, j'ai cherché cependant à apprécier, aussi exactement que je l'ai pu, les consommations des trois systèmes précédents de chauffage et de ventilation.

Pour les pavillons de l'hôpital Lariboisière, chauffés à la vapeur et ventilés par insufflation, les consommations de houille ont été :

En 1859, d'après les documents fournis à M. Trélat, de	512 112^{kil}
En 1858, d'après l'état qui m'a été fourni par l'administration de l'hôpital, de.	653 990
D'où l'on déduit pour la consommation moyenne de ces deux années......	583 051^{kil}
Les dépenses du chauffage de la communauté, du service des bains et de la buanderie ont été estimées précédemment à........................	7 836 fr. 50

En admettant que les trois quarts de cette dépense soient faits en charbon, ce qui est probablement exagéré, et comptant comme précédemment le charbon à 43 fr. les 1000 kilog., cela correspondrait à une consommation de

$$\frac{7836^{fr.},50}{43} \times 0,75 = 136\,684^{kil}.$$

La consommation moyenne pour le chauffage et la ventilation par insufflation serait donc de

$$583\,051^{kil} - 136\,684^{kil} = 446\,367^{kil} \text{ par an,}$$

ou de $$\frac{446\,367}{306} = 1458^{kil} \text{ par lit et par an.}$$

D'après les *Études sur les hôpitaux*, publiées en 1862 par M. le directeur de l'Assistance publique, la consommation de combustible serait beaucoup plus considérable puisqu'elle s'élèverait (page 352) à 846 000 kilog.; si l'on en déduit 136 684 kilog., comme nous venons de le faire pour tenir compte des consommations pour le chauffage de la communauté et de la buanderie, la consommation occasionnée par le chauffage et la ventilation serait de 709 316 kilog. par an, ou de

$$\frac{709\,316}{306} = 2318^{kil} \text{ par lit et par an.}$$

Pour les trois pavillons du même hôpital chauffés par circulation d'eau et ventilés par aspiration, je me suis procuré le relevé fait sur les livres de la maison L. Duvoir-Leblanc, pendant les années 1857-58, 58-59, 59-60, 60-61, 61-62, la consommation générale de ces cinq années a été en moyenne de 233 740 kilog. par an, ou de

$$\frac{233\ 740}{306} = 764^{\text{kil}} \text{ par lit et par an.}$$

Dans ce relevé des consommations de charbon faites à l'hôpital Lariboisière et dont je viens de parler, l'on a distingué celles de l'été et celles de l'hiver. Les premières se sont élevées aux chiffres suivants, qui comprennent aussi ce qui a été employé pour la fourniture de l'eau chaude dans les pavillons.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE PENDANT LES MOIS DE MAI, JUIN, JUILLET, AOUT ET SEPTEMBRE.

EXERCICES.	CONSOMMATION	
	Houille.	Margottins.
	kil.	
1857-58	35 600	403
1858-59	32 400	445
1859-60	34 600	468
1860-61	77 900	472
1861-62	35 000	440
Moyenne pour cinq mois	43 100	445

Il résulte donc de ce relevé que la consommation de combustible pour la ventilation d'été et le service de la distribution d'eau chaude a été en moyenne de 43 100 kilog. de houille et de 445 petits fagots d'allumage dits *margottins* par mois. Ces derniers valant 7 fr. 50 c. le cent et coûtant 33 fr. 37 c., équivalent à peu près à 776 kilog. de houille à 43 fr. les mille kilogrammes, ce qui conduit à apprécier la consom-

mation de houille à 43 876 kilog. pour cinq mois, ou à 8773 kilog. par mois.

En admettant que le volume d'air vicié extrait des salles ait été en moyenne de $60^{m \cdot c}$ par heure et par lit, cela équivaudrait, pour 306 lits et par mois, à

$$60 \times 306 \times 24 \times 30 = 13\,219\,300^{m \cdot c} \text{ d'air évacué.}$$

Par conséquent, chaque kilogramme de charbon brûlé aurait produit l'évacuation

$$\frac{13\,219\,300}{8773} = 1505^{m \cdot c},$$

résultat qui serait très-favorable en ce qu'il comprendrait implicitement le service de l'eau chaude et l'effet de toutes les résistances d'une circulation compliquée.

Mais il n'est pas certain que le volume d'air évacué par heure et par lit ait été toujours maintenu à sa valeur normale de $60^{m \cdot c}$ par heure et par lit, attendu qu'aucune surveillance régulière n'est organisée pour contrôler la marche du service des appareils.

358. *Consommation de combustible des appareils du docteur Van-Hecke.* — Quant aux appareils de chauffage à l'air chaud et de ventilation par insufflation de M. le docteur Van-Hecke, elle a été, à l'hôpital Beaujon, d'après M. Grassi, de 87 130 kilog. pour une ventilation de $39^{m \cdot c}$ par heure et par lit. Si l'on avait obtenu l'évacuation de $75^{m \cdot c}$ par heure et par lit, elle eût été de

$$\frac{75}{39} \times 87\,130^{kil} = 168\,740^{kil}$$

pour une année, ou à raison de 177 lits de

$$\frac{168\,740}{177} = 953^{kil},3.$$

En résumé, l'on voit que les consommations de combustible sont les suivantes :

Hôpital Lariboisière, chauffage à la vapeur et appareils d'insufflation....................	1458^{kil}	par lit et par an.
Estimation de la direction de l'assistance publique en 1862.......	2318	—
Chauffage à l'eau chaude et ventilation.........................	764	—
Hôpital Beaujon, chauffage à l'air chaud par appel et appareils d'insufflation....................	937	—

359. *Consommation de combustible faite à l'hôpital Necker dans les pavillons chauffés et ventilés par les appareils du docteur Van-Hecke.* — Les appareils établis par M. Van-Hecke dans cet hôpital ont coûté pour * :

Le marché à forfait...............	42 500 fr.
Les travaux supplémentaires........	3 825
Le remplacement d'une chaudière unique par deux chaudières à bouilleurs..........................	2 627
Total en 1862.........	48 952 fr.

Les tuyaux des calorifères sont en tôle et ne dureront probablement pas plus de 6 ou 7 ans.

D'après les états tenus à l'administration de cet hôpital, les consommations de combustible ont atteint les quantités indiquées dans le tableau suivant :

* Renseignements communiqués par M. Ser, ingénieur de l'administration de l'Assistance publique.

CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLE FAITES A L'HOPITAL NECKER DANS LE PAVILLON CHAUFFÉ ET VENTILÉ PAR LES APPAREILS DU DOCTEUR VAN-HECKE, POUR LE SERVICE DU CHAUFFAGE, DE LA VENTILATION ET DES BAINS.

MOIS.	ANNÉE 1859.			ANNÉE 1860.			ANNÉE 1861.			ANNÉE 1862.			
	CALORIFÈRES. Briquettes	MACHINES. Houille.	BAINS.	CALORIFÈRES. Briquettes	MACHINES Houille.	BAINS chauffés sans le secours de la machine.	CALORIFÈRES. Briquettes	MACHINES Houille.	BAINS.	CALORIFÈRES. Briquettes.	CALORIFÈRES. Houille.	MACHINES Houille.	BAINS.
	kil.	kil.		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.	kil.	
Janvier. .	12,000	5,000	»	14,000	7,000	»	20,000	6,000	»	22,740	»	7,000	200
Février. .	12,000	6,000	»	20,000	4,000	1,000*	16,000	6,000	»	14,000	»	6,000	400
Mars.	7,000	5,000	»	14,000	»	4,200	2,000	7,000	»	4,000	»	7,000	»
Avril. . . .	2,000	6,000	»	4,000	»	3,000	»	8,000	»	»	4,400	5,000	»
Mai.	»	6,000	»	»	»	3,000	»	6,000	»	»	4,000	7,000	»
Juin.	»	6,000	»	»	»	2,000	»	6,000	»	»	1,600	7,000	»
Juillet. . .	»	6,000	»	»	»	2,000	»	6,000	»	»	1,600	6,000	»
Août.	»	6,000	»	»	»	3,000	»	5,000	»	»	2,000	7,000	»
Septemb. .	»	7,000	»	»	4,000	»	»	4,000	»	»	1,400	6,000	»
Octobre. .	»	6,000	»	»	6,000	»	4,000	6,000	»	4,000	»	5,000	»
Novembre	»	6,000	»	»	5,000	»	8,500	7,000	»	12,000	»	5,000	»
Décembre	»	6,000	»	»	6,000	»	10,000	8,000	»	14,000	»	6,000	200

* La machine a été mise en réparation.

L'on voit par ce tableau que pendant six mois de l'année 1860 le service des bains a été fait directement par les chaudières, la machine à vapeur se trouvant alors en réparation. La consommation de combustible a été, pendant cette période, de 17 200 kilog. de houille ou de 2750 kilog. par mois.

Par conséquent, si la vapeur d'échappement de la machine suffit pour le service des bains, elle produit une économie annuelle de 34 400 kilog. de houille par an.

La consommation annuelle de la machine pour le service de la ventilation et des bains étant de 73000 kilog. Il s'ensuivrait que la ventilation mécanique, à raison de $39^{m.c}$ par heure et par lit, ne coûterait en réalité que 38 400 kilog. de houille.

Le chauffage a été fait successivement, et parfois simultanément avec de la houille et avec des briquettes agglomérées avec du goudron, dont 1000 kilog. équivalent au moins à 800 kilog. de houille *. Par conséquent, d'après les relevés précédents (1861), la consommation moyenne de combustible pour le chauffage équivaut à celle de $60\,500 \times 0{,}8 = 48\,400$ kilog. de houille.

La dépense totale de combustible faite dans ce pavillon pour le chauffage et la ventilation pour $39^{m.c}$ d'air par heure et par lit est donc annuellement de $38\,400^{kil} + 48\,400^{kil} = 86\,800^{kil}$, ce qui, à raison de 177 lits, correspond à une consommation de 490,7 kilog. de houille par an et par lit, pour une ventilation de $39^{m.c}$ par heure et par lit, ou à $\frac{75}{39} \times 490.7 = 941^{kil}$ $75^{m.c}$ par heure et par lit.

La consommation analogue à l'hôpital Beaujon ayant été trouvée égale à 937, il s'ensuit que la consommation moyenne annuelle par lit serait dans ces deux hôpitaux de

$$\frac{937 + 941}{2} = 939^{kil}$$

pour une ventilation de $75^{m.c}$ d'air par heure et par lit.

* Les ingénieurs de chemins de fer estiment en général que les briquettes développent autant de chaleur que la houille à poids égal.

360. *Conséquences des comparaisons précédentes.* — En résumé, l'on voit donc que pour une ventilation de 75 mètres cubes d'air vicié, extrait par heure et par lit, les consommations annuelles de combustible faites par lit avec les trois systèmes que nous venons d'examiner s'élèvent à peu près, pour le chauffage et la ventilation, aux quantités suivantes :

Hôpital Lariboisière,

Chauffage à la vapeur et d'appareils d'insufflation. 1458^{km}

Chauffage à l'eau chaude et ventilation par appel... 764

Hôpitaux Beaujon et Necker,

Chauffage à l'air chaud et appareils de ventilation par insufflation.......................... 939

Or ces trois nombres sont à peu près entre eux dans les mêmes rapports que les chiffres des dépenses annuelles, trouvées précédemment égales respectivement à

$1^f,30$, $0^f,81$, $0^f,92$;

ce qui corrobore ces deux évaluations l'une par l'autre, sauf l'incertitude que jette dans les résultats l'immixtion du service de la buanderie avec celui des appareils de ventilation par insufflation.

L'on voit donc que, des trois systèmes de chauffage et de ventilation que nous venons de comparer, celui du chauffage par circulation d'eau chaude et de la ventilation par appel est à la fois le plus efficace au point de vue du volume d'air vicié évacué et de la stabilité, et en même temps le plus économique. Tel qu'il est établi il laisse à désirer et d'ailleurs il est susceptible d'être notablement amélioré, comme nous chercherons à l'indiquer plus loin.

361. *Extrait du Mémoire sur les appareils de chauffage et de ventilation de l'hôpital militaire de Vincennes, par M. le commandant Benoît.* — *Disposition générale des appareils.* — (Pl. VIII.)

« L'hôpital militaire de Vincennes est composé de trois bâti-

ments principaux. Dans le bâtiment *a*, au centre, se trouvent la chapelle, les bureaux, les magasins et les logements. Les bâtiments *b* et *c* sont consacrés aux salles des malades et renferment en outre l'appartement des sœurs, les services généraux de l'hôpital, la lingerie, la cuisine et la dépense d'une part, la pharmacie, la tisannerie et les bains de l'autre. Le bâtiment *c*, à l'est, est chauffé par des appareils à chaleur et à eau chaude, produisant en même temps la ventilation, qui est obtenue en grande partie par l'appel en contre-bas, c'est-à-dire de haut en bas, suivant un système complet auquel M. Grouvelle, ingénieur civil, a donné son nom, qui a prévalu dans le concours ouvert en 1857 par ordre du ministre, et dont l'exécution lui a été confiée. Ce système a fonctionné depuis le 1er juin 1858 jusqu'au 30 avril 1862, près de quatre ans, sous la direction du constructeur, et il est encore en service.

« Le bâtiment *b*, à l'ouest, est chauffé et ventilé par des appareils à air chaud, établis dans des conditions apparentes de grande simplicité. Ce système, appliqué seulement à deux établissements militaires et qui est encore à l'état d'expérimentation, avait reçu pour l'hôpital de Vincennes plusieurs perfectionnements. Depuis quinze mois qu'il est terminé, il a été l'objet de nombreuses expériences qui ne lui ont pas toujours été favorables. Mais le bâtiment n'est occupé par les malades que depuis le 1er mai dernier, et, comme on le verra tout à l'heure, les résultats de la ventilation obtenus dans ces circonstances normales et réelles laissent peu à désirer.

« Enfin la chapelle, établie dans le bâtiment *a*, est chauffée par un calorifère ordinaire à air chaud, qui a fonctionné l'hiver dernier d'une manière satisfaisante.

« Nous donnerons ici la description des deux systèmes établis dans les pavillons *b* et *c*, en indiquant les améliorations qui y ont été introduites depuis leur construction et celles dont ils nous paraissent susceptibles. Nous signalerons les inconvénients qu'ils présentent, nous exposerons les résultats donnés par le premier pour le chauffage et pour la ventilation,

les dépenses d'établissement et d'entretien pendant les quatre années qui viennent de s'écouler, et enfin les résultats du système à air chaud qui ont pu être constatés jusqu'à ce jour.

« La description du calorifère de la chapelle et de ses effets terminera ce mémoire.

362. *Appareils à vapeur.* — « Deux chaudières (pl. IX et X), l'une *a*, appelée générateur principal, l'autre *b*, générateur auxiliaire, de capacité différente, sont installées avec leurs fourneaux, dans le sous-sol de l'escalier central. Les générateurs sont timbrés à deux atmosphères seulement, mais essayés et de l'épaisseur légale pour un timbre de cinq atmosphères. Deux forts bouilleurs alimentaires, parcourus deux fois par la fumée du fourneau, ont été montés près de chaque chaudière ; la petite chaudière fait le service d'été, complète celui de la grande en hiver, et au besoin sert de rechange.

« Au moyen de ces dispositions, on peut réunir à volonté, pour le service de l'hôpital, les 24 mètres carrés de surface de chauffe de la petite chaudière *b* aux 32 mètres carrés de la grande *a*, brûler ainsi 180 kilogrammes de houille par heure, et produire dans le même temps 990 kilogrammes de vapeur (à raison de $5^{kil},5$ par kilogramme de houille) et 544 500 unités de chaleur. Les conditions imposées de maintenir par les grands froids la température des salles à 30^{0} au-dessus de la température extérieure, et de ventiler au besoin à raison de 60 mètres cubes par heure et par lit, sont remplies en utilisant seulement les trois quarts de la puissance des appareils.

« Les générateurs sont réunis ensemble par des tuyaux de vapeur et de retour ; des robinets permettent de faire tous les services avec chacun d'eux.

« Les fumées des deux fourneaux se réunissent dans un tuyau de tôle émaillée, de $0^{m},50$ de diamètre; celui-ci passe dans l'axe d'une cheminée *d*, de $3^{m.q},60$ de section, et au centre du pavillon, à 27 mètres au-dessus du sol de la cour. Trois récipients de retour d'eau *g* reçoivent l'eau condensée

et la ramènent dans la chaudière, où elle est vaporisée de nouveau. Ces récipients *g* sont des réservoirs cylindriques de 3m,50 de longueur et de 0m,60 de diamètre; des tuyaux munis de robinets permettent d'y introduire successivement l'eau de condensation venant des appareils, ainsi que l'eau froide et la vapeur nécessaires à leur fonctionnement, et de faire passer l'eau chaude dans les bouilleurs alimentaires de chaque chaudière, tout en utilisant une partie de la chaleur de cette eau pour le chauffage.

363. *Distribution de la vapeur.* — « La distribution de vapeur à tous les appareils à eau se fait par des tuyaux en cuivre ou en fer étiré, qui partent des chaudières et vont aux extrémités du bâtiment. Des tuyaux de retour, plus petits, marchent parallèlement aux premiers avec une pente régulière; ils reçoivent l'eau condensée des appareils et la ramènent aux chaudières ou directement ou par l'intermédiaire des récipients de retour.

« Les tuyaux de retour vont toujours en montant, sans contre-pente, jusqu'aux points extrêmes, où des robinets permettent d'évacuer les eaux condensées et l'air dégagé de l'eau des chaudières.

« Quand on veut activer le chauffage d'une salle, on purge les tuyaux de vapeur en ouvrant le robinet à air, ce qui chasse en quelques instants l'eau et l'air accumulés, et donne une marche plus rapide et une plus forte condensation à la vapeur dans les serpentins.

« Tous les tuyaux des grandes salles passent dans un caniveau central recouvert de plaques de fonte et sont portés sur des traverses en fer rond. Des boites de dilatation, à tube en cuivre, sont placées entre les poêles. Des robinets de vapeur et de retour, établis en tête des diverses parties du service, permettent de les interrompre ou de les régler à volonté.

« La vapeur lancée dans les tuyaux circule à travers les poêles des salles et les poêles des gaînes, et revient re-

froidie et en partie condensée par les tuyaux de retour jusqu'aux réservoirs du sous-sol, d'où on la fait remonter dans la chaudière.

364. *Prise et distribution de l'air neuf.* — « Les prises d'air ont été faites dans le soubassement du bâtiment, lequel a moyennement 1^{m},50 de hauteur et est percé de fenêtres nombreuses. L'air y arrive sans toucher, pour ainsi dire, le sol de la cave, mais en balayant les rigoles où s'écoulent les eaux ménagères et les regards des fosses de latrines, ce qui altère quelquefois sa pureté.

« Une partie de cet air se rend directement dans le caniveau central du rez-de-chaussée, où il s'échauffe au contact des tuyaux de vapeur et des poêles (mais il arrive souvent trop froid dans les salles) ; une autre partie s'élève dans des gaînes verticales L (pl. IX, fig. 5) adossées aux murs de refend.

« Ces gaînes (pl. IX, fig. 2, 5 et 6), de 3 mètres de largeur et dont la profondeur va en diminuant vers les étages supérieurs, avec une section de 2$^{m.q}$,25 en bas et de 1$^{m.q}$,05 en haut, portent l'air aux premier, deuxième et troisième étages, et le versent dans l'intervalle compris entre le solivage en fer et le parquet. Dans cet intervalle (pl. IX, fig. 1) la veine horizontale se rétrécit depuis son origine jusqu'au centre de la salle par une disposition ingénieuse des piles de briques qui soutiennent le plancher. De cette façon l'air se répartit à peu près également entre les poêles, comme il l'a été entre les étages par le rétrécissement successif des gaînes verticales. (Ce dernier point me paraît douteux. A. M.)

« Dans chaque gaîne (pl. IX, fig. 6) ont été placés quatre poêles à eau chaude et à circulation de vapeur, qui contribuent à chauffer l'air des étages et ont permis de diminuer les dimensions des poêles des salles.

365. *Poêles des salles et bouches d'air chaud.* — « L'air introduit dans le caniveau central de la salle, s'échauffe au contact des deux tuyaux de vapeur et des poêles à eau po-

sés sur la conduite : une partie s'échappe par la plaque à jour du caniveau à la température de 16° environ (ce qui n'est pas suffisant, mais n'a pas l'inconvénient d'un air trop chaud arrivant par en bas, puisque c'est la température que les salles doivent avoir).

« Les poêles à eau qui constituent le principal moyen de chauffage varient en nombre et en grandeur suivant l'importance des salles, de manière que leur surface de chauffe, réunie à celle des tuyaux des caniveaux et des poêles des gaînes, donne la proportion d'un mètre carré pour 40 ou 50 mètres cubes de la capacité du local. Ces poêles (pl. IX, fig. 3) sont en forte tôle soudée et rivée, timbrés à deux atmosphères, remplis d'eau et traversés par une circulation de vapeur qui les chauffe à 105° degrés environ. Leur surface de chauffe est augmentée par un ou deux tuyaux intérieurs : l'air échauffé à 36° sort du poêle, soit par la bouche supérieure de ces tuyaux, soit par les trous dont le socle est percé.

« Il y a des poêles de 2 mètres carrés et de 3 mètres carrés de surface de chauffe pour les petites salles, et de 5 mètres carrés et de 7 mètres carrés pour les grandes salles ; ces derniers sont réservés pour le rez-de-chaussée dont l'air n'est pas, comme celui des étages, chauffé par les poêles des gaînes.

366. *Poêles des gaînes.* — « Au bas des gaînes verticales par lesquelles s'introduit l'air neuf destiné aux étages, sont placés, comme on l'a dit pl. IX, fig. 2 et fig. 6, quatre cylindres, véritables poêles de chauffage, qui élèvent immédiatement la température de cet air. Leur hauteur est de $2^m,75$, leur diamètre de $0^m,40$, leur surface de chauffe de $3^{m.q},40$. Ils sont en tôle, timbrés à deux atmosphères comme les poêles des salles, remplis d'eau et traversés par deux tuyaux de vapeur.

L'échauffement de l'air à l'entrée des gaînes, outre qu'il contribue au chauffage des salles supérieures, a, pendant

l'hiver, cet avantage qu'il active puissamment la ventilation.

367. *Circulation de l'air dans les salles et évacuation de l'air vicié.* — « L'hiver, l'air neuf et chaud, versé au centre des grandes salles ou dans l'angle des petites, par les poêles ou par les grilles des caniveaux, s'élève en divergeant vers le plafond, s'y étale et redescend par le refroidissement le long des murs de face. Il sort ensuite par les bouches d'appel qui sont placées entre deux lits et qui lui donnent issue dans les gaînes d'appel (pl. X, fig. 1). Celles-ci pratiquées dans l'épaisseur des murs de façade, dans chaque trumeau, ont $0^{m},28$ sur $0^{m},20$ et possèdent chacune deux bouches: l'une près du plancher doit, pendant l'hiver, évacuer l'air vicié et froid, et c'est la seule véritablement utile, car ce n'est qu'après avoir, pour ainsi dire, balayé les lits des malades et entraîné les miasmes qu'ils exhalent, que l'air doit être expulsé; l'autre bouche, percée à $2^{m},50$ au-dessus, est destinée à évacuer pendant l'été l'air chaud qui se réunit à la partie supérieure de la salle; mais pour atteindre réellement ce but, il aurait fallu placer la bouche plus près du plafond, ce qui en eût rendu le règlement fort difficile. Au surplus, cette bouche reste habituellement fermée. En effet, c'est, avant tout, l'air vicié des lits qu'il importe d'expulser. Si l'air neuf n'était pas obligé de circuler à l'entour des lits, la ventilation ne produirait pas aussi sûrement l'assainissement.

« Toutes les bouches d'appel sont munies de grillages et registres à coulisses, au moyen desquels on règle la ventilation, ordinairement trop active. Leur ouverture est d'environ 5 décimètres carrés.

368. *Appareils de ventilation.* — « Les gaînes *n* d'appel, par lesquelles s'écoule l'air vicié, descendent dans l'épaisseur des murs de façade et débouchent par des conduits *e* dans un canal souterrain *f* (pl. X), construit dans l'axe longitudinal du bâtiment et sous le sol des caves. La section du canal

croît des extrémités au centre depuis 1 mètre carré jusqu'à $2^{m.q}$,75, de manière que l'air n'y prenne jamais une vitesse de plus d'un mètre *.

« Au centre de cet égout d'air vicié, s'élève la grande cheminée d'appel *d* (pl. X, fig. 1), de 3^{m},50 de section, rétrécie à 2^{m},60 dans le haut pour régulariser l'écoulement **. Sa hauteur est de 30 mètres au-dessus de l'égout, de 25 mètres au-dessus des bouches d'appel du rez-de-chaussée, de 20 mètres au-dessus de celles du premier étage, et de 15^{m},60 au-dessus de celles du second. Les fumées des deux chaudières à vapeur sont amenées, comme nous l'avons dit, dans un tuyau émaillé (pl. IX, fig. 4), de 0^{m},50 de diamètre*** qui occupe le centre de la cheminée d'appel et la dépasse par le haut de 2 mètres. L'élévation de température qu'elle produit suffit pour donner à la colonne d'air un mouvement ascensionnel rapide et produire une ventilation puissante.

« Pendant l'été, le chauffage de la cheminée d'appel est obtenu par un foyer spécial *e* (pl. IX, fig. 4), placé un peu au-dessus du débouché de l'égout; il consiste en une cloche de calorifère de 0^{m},80 de diamètre avec un conduit isolé en fonte; autour du conduit afflue l'air de ventilation, dont une partie sert à alimenter le feu. La fumée s'échappe par un jeu d'orgue, composé de huit tuyaux et se répand dans la cheminée d'appel. Ce système, simple et économique, donne, comme on le verra plus loin, une ventilation abondante.

---

* Lorsque la ventilation est de 60 mètres cubes par heure et par lit, il doit passer par les gaînes $\frac{120^{m.c}}{3000}=0^{m.c},0333$ en 1 seconde. La vitesse y est $\frac{0,0333}{0,056}=0^{m},60$ en 1 seconde.

** Le système central dessert 188 lits pour lesquels on n'exige qu'une évacuation de 30 mètres cubes par heure et par lit, ou en tout, 5640 mètres cubes par heure, ou $1^{m.c}$,566 par seconde. La section de la cheminée d'appel étant de $3^{m.c}$,60, cette évacuation correspond à une vitesse de 0^{m},436 en 1 seconde. Quand le volume extrait s'élève à 60 mètres cubes par heure et par lit, la vitesse n'est encore que de 0^{m},872 en 1 seconde.

*** Quoique l'émaillage nuise un peu à la conductibilité du tuyau qui est destiné à activer l'appel de l'air vicié, la cheminée fonctionne très-bien.

« Tel est, dans son type général, le système de chauffage par la vapeur et l'eau et de ventilation en contrebas, appliqué à l'hôpital militaire de Vincennes, système qui ne laisse certainement rien à désirer, quant à ses résultats normaux.

369. *Défauts du système Grouvelle.* — « Les objections qu'on peut y faire et les défauts qu'il présente sont ceux-ci :

« 1° Les frais de premier établissement se sont élevés à la somme considérable de 164 500 francs, sans compter 32 400 francs environ dépensés pour diverses extensions et modifications, soit 495f,48 par lit. (Ce chiffre est inférieur de 40 pour 100 à celui de la dépense des appareils de MM. Thomas et Laurens et à peine égal à celui de la dépense des appareils de M. L. Duvoir à Lariboisière.)

« 2° Les nombreux poêles et tuyaux des salles supportent une pression de deux atmosphères, qui est sans danger pour le moment, mais qui dans l'avenir peut causer des accidents, par suite de la détérioration insensible des appareils.

« 3° Les prises d'air établies dans les soubassements du bâtiment et près du sol, c'est-à-dire près des rigoles des eaux ménagères et des regards de vidange, n'introduisent pas toujours de l'air parfaitement pur; mais on satisferait pleinement à cette condition, en prenant l'air au moyen de puits dans les pelouses du jardin et en l'amenant par des galeries d'une vingtaine de mètres de longueur jusque dans les caves. Cette disposition a été adoptée avec succès pour deux prises d'air du bâtiment *b*.

« En général, on s'est beaucoup plus préoccupé de l'évacuation de l'air vicié des salles, qui est payée au mètre cube, que de la rentrée de l'air neuf. En hiver, où celui-ci arrivant par les poêles, est plus chaud de 20° environ que l'air extérieur, il afflue rapidement et remplace à peu près intégralement l'air vicié; mais en été, où les températures extérieures et intérieures sont à peu près égales, l'air neuf, ayant de longs circuits à parcourir, n'arrive plus par les poêles que

dans la proportion de 36 pour 100 ; le reste est fourni la nuit par les joints des fenêtres, le jour par les croisées et les impostes qu'on ouvre, enfin souvent par les portes ouvertes.

(Il serait facile de remédier à ce défaut, en ménageant pour l'été des orifices d'admission de l'air extérieur convenablement disposés.)

« 4° Malgré les précautions qui ont été prises, il se fait encore des pertes de vapeur ou d'eau de condensation qui tachent les plafonds : on a reculé devant la dépense de rigoles en zinc qui eussent coûté plusieurs milliers de francs.

(Cette objection est assez sérieuse et c'est l'une de celles qui doivent faire écarter l'emploi du chauffage à la vapeur.)

« 5° Toutes les fois qu'on lance la vapeur, les tuyaux n'étant pas intérieurement purgés d'eau, il se fait pendant quelques minutes des chocs violents et par suite des bruits multipliés, semblables à des coups de fusil, bruits qui préoccupent les malades pendant les premiers jours, mais auxquels ils s'habituent promptement.

Ce défaut grave est inhérent au système de chauffage à la vapeur, et il est très-difficile de l'éviter dans des bâtiments où les conduits de vapeur doivent passer dans l'épaisseur des planchers.

« 6° Enfin ce système exige une grande surveillance pour que les prises d'air, les conduits et les poêles ne deviennent pas de la part des infirmiers et des malades le réceptacle de toutes les ordures que récèle une salle d'hôpital. Les appareils ne peuvent être conduits que par des ouvriers spéciaux et expérimentés.

« Cette objection s'adresse également à tous les systèmes, aucun n'en est exempt.

« En dehors de ces objections générales qui, sauf la première et la troisième, n'ont peut-être pas une bien grande importance, il est d'autres inconvénients qui résultent de l'extension donnée par M. Grouvelle à son système, en de-

hors du type primitif. C'est ici le lieu de parler de la ventilation des combles, de celle des pavillons et enfin de celle des latrines.

370. *Ventilation des combles et des pavillons.* — « Le parquet du troisième étage étant à 11 mètres seulement au-dessous du sommet de la grande cheminée d'appel, on n'a pas cru, et avec raison, qu'il fut convenable de faire appeler de haut en bas l'air vicié de cet étage par l'égout souterrain. Il y aurait eu d'ailleurs des inconvénients à élargir les tranchées faites par les gaînes dans les murs de façade.

« Le système de ventilation par en bas, appliqué aux pavillons extrêmes, aurait peut-être aussi produit des frottements considérables nuisibles à l'appel : on y a appliqué, ainsi qu'aux combles, la ventilation par en haut, au moyen du dispositif suivant

« Au-dessus des deux pavillons, nord et sud (pl. X), s'élèvent deux cheminées d'appel, semblables à celle du pavillon central ; les gaînes verticales d'air vicié pratiquées dans les trumeaux, amènent l'air dans la partie pyramidale du toit où il s'échauffe au contact de quatre cylindres à eau et à vapeur, semblables aux poêles des gaînes ; il s'échappe ensuite par la cheminée.

Pour la ventilation des combles de tout le bâtiment, on a ménagé entre le plafond et le faîte une gaîne prismatique horizontale qui débouche dans la pyramide du toit des pavillons voisins*. Des ouvertures à coulisses pratiquées dans le plafond à raison de $0^{m.q},018$ par lit, y dégagent l'air vicié, qui est chauffé et emporté avec celui du pavillon.

« Ce mode de ventilation n'est pas sans inconvénients; d'abord la grande distance des chaudières à laquelle se trouvent les poêles des cheminées, fait qu'on ne les chauffe qu'avec une forte dépense de vapeur, et que souvent l'entrepre-

* Cette gaîne horizontale a le grand inconvénient de permettre à l'air évacué de se refroidir, ce qui nuit au tirage.

neur ne les chauffe pas du tout. La ventilation naturelle, quand elle est contrariée par les circonstances atmosphériques, se réduit alors à rien et même il se fait des rentrées d'air.

En second lieu, l'ouverture des bouches d'appel dans le plafond des combles favorise l'évacuation de l'air chaud, mais non celle de l'air vicié, qui entoure le lit du malade; enfin cette disposition contrarie le chauffage pendant l'hiver.

371. *Ventilation des latrines.* — « La ventilation des latrines a été imitée de celle de la prison de Mazas, mais avec des modifications de détail qui ont probablement nui à la réussite. On a branché les siéges à la turque des quatre étages sur un même tuyau vertical qui se vide dans un tonneau séparateur. Le siége lui-même, par une ouverture latérale, est mis en communication avec la grande cheminée d'appel et ventile le cabinet par un appel par en haut. Cette disposition a lieu dans les latrines du pavillon central. Dans celles des pavillons extrêmes, la ventilation se fait par appel par en bas et l'air vicié des siéges descend dans le grand égout.

« La moindre intermittence dans la marche des appareils, une porte ouverte, etc., produisent des appels en sens contraire, des appels d'un étage à l'autre par le tuyau et l'infection des cabinets*. L'air infecté se répand alors dans les salles où il est appelé par la ventilation même, car nous avons vu que les appareils n'amènent pas l'air neuf en quantité suffisante pour remplacer l'air vicié extrait**. Il a été remédié à cet inconvénient qui était extrêmement grave, en supprimant la ventilation par les siéges, en remplaçant ceux-ci par des appareils Rogier-Mothès qui interceptent complétement les mouvements des gaz entre la fosse et les cabinets et entre

---

* Cela ne pouvait manquer d'arriver par suite de la communication directe de l'appel de tous les siéges avec la grande cheminée, surtout vers les étages supérieurs, où la température de cette cheminée est moins élevée qu'en bas.

** La véritable cause, c'est que l'appel de haut en bas exercé par la cheminée d'appel dans les salles est plus énergique que l'appel de bas en haut qu'elle exerce dans les latrines.

les étages et en ventilant directement les cabinets. La quantité d'air extrait des cabinets reste comprise entre 30 et 50 mètres cubes par heure et par siége, proportion qui laisse peu d'odeur quand les latrines sont tenues avec soin, mais ce qui est surtout important, l'air infect ne pénètre plus dans les salles.

372. *Conduite du feu.* — « Pendant l'hiver les feux sont allumés à 3 heures du matin et dès 7 heures la température des salles de malades arrive à 16° ou 17°; celle des bureaux et locaux accessoires au degré fixé par le tableau. Quand la température extérieure est de 3° à 4° au-dessous de zéro, il suffit d'une deuxième chaude donnée vers 2 heures de l'après midi, pour relever le thermomètre à 17° ou 18°, point qu'il ne doit pas dépasser. Le lendemain matin la température est encore de 13° à 15°.

« Quand la température extérieure est à — 6°, on donne aux salles trois chaudes dans la journée, et quand elle descend exceptionnellement à — 15°, on chauffe d'une manière continue. Le chauffage du matin fait le service des bains et des étuves à vapeur.

« Pour la ventilation d'été, on utilise d'abord la chaleur perdue par la chaudière qui dessert les bains et les étuves et au milieu de la journée, on allume le foyer d'appel, dans lequel on brûle de menues houilles et des escarbilles. Il serait utile, dans les jours les plus chauds, de rallumer le feu le soir, afin d'assurer la ventilation pendant la nuit.

373. *Résultats obtenus.* — « Des expériences fréquentes, faites pendant deux hivers et par des températures diverses, ont démontré que le chauffage étant bien conduit, la température des salles oscillait dans la journée entre 15° et 18°, et la nuit entre 13° et 15°.

« La ventilation qu'on réduit l'hiver à 30 mètres cubes par heure et par lit pour économiser le chauffage, pourrait être portée à 60 mètres cubes, sans qu'il en résultât une plus grande consommation de combustible, mais en abaissant la

température des salles. Elle s'est même élevée dans certaines expériences à 100 mètres cubes par heure et par lit, et alors la cheminée débitait plus de 18 000 mètres cubes par heure, ou de $5^{m.c},22$ en 1″, ce qui, avec une section de $3^{m.q},60$ correspondait à une vitesse de $1^{m},15$ en 1″.

« En été, au lieu de 30 mètres cubes qui lui sont payés, l'entrepreneur en extrait 40 ou 45 et pourrait même en faire évacuer 60 mètres cubes sans augmenter sensiblement sa consommation. En faisant fonctionner les appareils d'une manière continue, on arriverait à une ventilation de plus de 100 mètres cubes par lit*.

« Le service des bains et des étuves consomme moyennement par jour 160 kilos de houille.

La ventilation d'été 240 kilogrammes.

Les mêmes services et la ventilation d'hiver exigent les quantités suivantes selon l'excès de la température des salles sur celle de l'air extérieur.

Excès de la température des salles sur celle de l'air extérieur.	Consommation de combustible	par degré d'élévation.
5° ou de +10° à +15°....	830^{kil}	66^{kil}
10° ou de +5° à +15°....	1160	66
15° ou de 0° à +15°.......	1490	66
20° ou de —5° à +15°....	1820	66
25° ou de —10° à +15°....	2480	66

Ainsi, dans cette saison, les bains et la ventilation ne demandant plus que 300 kilogrammes, et la mise en feu des chaudières exigeant 200 kilogrammes, il faut 66 kilogrammes pour élever la température de 1°.

« M. le commandant Calop, dans un mémoire adressé le 26 mars 1860, a démontré par le calcul que l'étendue des surfaces de chauffe était suffisante pour élever la température

* Cette facilité de faire varier l'énergie de la ventilation est un avantage précieux pour les temps d'épidémie ; il est d'ailleurs commun aux divers systèmes de ventilation par appel et difficile à obtenir avec les systèmes de ventilation par insufflation.

depuis — 10° jusqu'à + 15° et présentait même un excédant d'un quart en sus.

374. *Dépense.* — L'installation du système Grouvelle, comprenant le chauffage des bureaux dans le bâtiment *a*, la chauffage du pavillon des sœurs dans le pavillon *b* (chauffage auquel on a renoncé depuis), celui de la pharmacie, le chauffage et la ventilation des salles de malades, et enfin le service des bains et des étuves dans le bâtiment *c* a coûté 196 900 francs, dont 174 800 francs pour le bâtiment *c*. Sur cette somme 164 500 francs environ ont été consacrés au chauffage et à la ventilation des salles de malades, soit pour chacun des 332 lits 495f,48, c'est-à-dire un peu plus que les appareils L. Duvoir de l'hôpital Lariboisière, qui n'ont été établis qu'après la construction des bâtiments.

La dépense annuelle d'entretien payée à l'entrepreneur à raison de 1f,25 pour 100 du capital représenté par les appareils en service (132 291f,69) est de.. 1653f,65

La dépense annuelle de chauffage pour 200 malades * présents, est de...................... 5600f,00

Elle est payée à raison de 0f,30 par 1000 mètres cubes de capacité des salles chauffées pendant 24 heures, élevée de 1° au-dessus de la température moyenne du jour constatée à l'Observatoire de Paris.

La dépense annuelle de la ventilation a été de 4700 francs. Elle est payée à raison de 1f,25 pour 1000 mètres cubes d'air extraits par heure pendant 24 heures ou pour 24 000 mètres cubes **.

---

* Le chauffage ne peut être rapporté au nombre des malades présents, mais bien à la capacité des salles ou au nombre des lits. Il coûte plus pour moins de malades.

** Il résulte de ces chiffres et de la moyenne 200 du nombre des malades présents, que la ventilation a été pour chacun d'eux de 54m.c,50 par heure.

En réunissant ces divers éléments on aura la dépense annuelle par lit.

Chauffage sur 200 malades présents	$28^{f},00$	
Ventilation	$23^{f},50$	$56^{f},48$
Entretien des appareils pour 332 lits	$4^{f},98$	
Intérêts d'amortissement du capital de $495^{f},48$ à 10 pour 100		$40^{f},55$
		$106^{f},03$

La dépense annuelle des appareils L. Duvoir à Lariboisière n'est que de $91^{f},40$.

375. *Opinions des chefs du service hospitalier.* — Les chefs du service médical et du service administratif de l'hôpital ont été appelés à donner leur avis sur le système de chauffage et de ventilation qui fonctionne depuis quatre ans dans le bâtiment *c*. Ces avis émis isolément et, par conséquent, dans une indépendance complète, sont unanimes pour reconnaître l'excellence des résultats obtenus.

Quelques critiques s'appliquent aux détails et signalent diverses imperfections, indiquées également dans le présent mémoire. Elles présentent des divergences d'appréciation qui tiennent à ce que les premières impressions, chez plusieurs de ces messieurs, ne se sont pas encore dissipées depuis deux ans que l'égalité de température a été établie partout et que l'organisation des latrines a été modifiée. Voici ces objections :

1° La ventilation insuffisante des latrines. L'on a dit plus haut quelles améliorations y ont été apportées avec succès. Les latrines ont aujourd'hui moins d'odeur que dans aucun autre hôpital, et si l'odeur n'a pas entièrement disparu, du moins, ce qui est le point important, elle ne pénètre plus dans les salles.

2° L'insuffisance du chauffage dans les pavillons latéraux. Pendant les deux derniers hivers la température, grâce à quelques modifications de détail, n'est descendue nulle part

au-dessous de 15°, comme le constate le registre de chauffage tenu par l'officier comptable.

3° Les variations de la ventilation en été. Elles tiennent uniquement à quelques négligences de la part du chauffeur, qui n'a pas donné des chauffes assez fréquentes ; mais elles n'ont jamais été constatées dans les nombreuses expériences qui ont été faites. Ces expériences faites à l'improviste, ont indiqué une ventilation moyenne, plus grande que celle qui est demandée à l'entrepreneur et qui n'est que de 30 mètres cubes d'air extrait par heure et par lit.

4° L'insuffisance de l'air introduit par les bouches, et par suite, l'introduction de l'air extérieur par les joints des portes et des fenêtres. Les expériences prouvent que l'hiver, quand on élève la température des salles à 8° et plus, la proportion d'air neuf introduit par les bouches s'élève à 80 pour 100, et quand il gèle à 90 pour 100 de la quantité d'air vicié extrait. Pour un chauffage moins actif on a encore 40 pour 100 — ; dès qu'on ne chauffe pas, cette proportion tombe à 25 pour 100. L'inconvénient signalé n'est pas bien grave, puisqu'il n'est réel que pendant l'été et que dans cette saison, la meilleure ventilation est celle qui est donnée par l'ouverture des fenêtres. Il conviendrait cependant et il serait facile d'y remédier, surtout pour la nuit.

5° La tiédeur de l'air introduit pendant l'été. En été l'air est introduit à une température qui est ordinairement moindre de 2° que celle de l'air extérieur pris au nord, et la température des salles est intermédiaire. Ce résultat laisse à désirer sans doute, mais en l'absence de procédés pratiques et expérimentés, le service du génie a dû s'en contenter.

376. *Observations sur l'évaluation des dépenses admises dans le mémoire de M. le commandant Benoît.* — Cet officier supérieur a établi ses calculs pour la place de Vincennes, et d'après les prix du combustible dans cette place, où la houille ne vaut que 35 fr. les 100 kilogr., tandis que dans les com-

paraisons précédentes, basées sur des données remontant à 1856, le prix de la houille a été fixé à 43 fr. les 100 kilogr. La partie de ces dépenses qui est relative au combustible doit donc être augmentée dans le rapport de 43 à 35 ou de 1,00 à 1,23.

D'une autre part, le chauffage des salles exige d'autant plus de combustible qu'il y a moins de malades; il faut donc toujours le rapporter au nombre maximum de ces malades ou des lits, qui est de 332.

Enfin il convient, pour la régularité des comparaisons à faire avec d'autres systèmes, de calculer sur une ventilation de 60 mètres cubes par heure et par lit, pour établir le prix réel de l'unité de ventilation.

D'après ces réflexions, je crois devoir modifier ainsi qu'il suit les estimations de M. le commandant Benoît :

Chauffage pour 332 lits, 5 600 fr., ou $\frac{5600 \times 1,23}{332}$ par lit	20f,75
Ventilation, $23,52 \times 1,23$, ou par lit	28f,90
Entretien des appareils pour 332 lits	4f,98
Dépense annuelle, intérêts non compris	54f,66
Intérêts et amortissement du capital de 495f48 à 10 pour 100	49f,54
Dépense annuelle, intérêts compris	104f,20

La ventilation exigée par le marché n'étant que de 30 mètres cubes par heure et par lit, il s'ensuit que l'unité de ventilation d'un mètre cube par heure et par an coûterait dans ce système :

Intérêts non compris... $\frac{54,66}{30} = 1^f,82$;

Intérêts compris...... $\frac{104,14}{30} = 3^f,47$.

Mais comme en réalité les appareils ont été construits pour fournir une ventilation de 60 mètres cubes, et qu'ils vont souvent à 100 mètres cubes et à 120 mètres cubes par heure et par lit, et que les dépenses ci-dessus rapportées sont relatives à un service régulier, où le volume d'air vicié par heure et par lit atteignait 50 mètres cubes, il s'ensuit que la dépense annuelle pour l'unité de ventilation ne doit pas être estimée à plus de :

$$\text{Intérêts non compris...}\ \frac{44,66}{50} = 1^{f},09\,;$$

$$\text{Intérêts compris......}\ \frac{104,14}{40} = 2^{f},18.$$

Ces chiffres sont plus élevés que ceux que nous avons trouvés, au n° 355, pour les appareils de chauffage à l'eau chaude, mais ils s'en rapprochent assez. Il me serait, pour le moment, difficile d'en indiquer de plus exacts.

Enfin il est juste de remarquer que l'expérience a constaté que les appareils de M. Grouvelle pouvaient produire l'évacuation de 100 et de 120 mètres cubes d'air par heure et par lit, ce qui serait précieux en temps d'épidémie, et que la dépense serait loin de croître dans la même proportion.

377. *Conclusion relative au système de chauffage établi par M. Grouvelle à l'hôpital de Vincennes.*— En résumé, ce système paraît avoir donné, quant à l'évacuation de l'air vicié, des résultats d'autant plus satisfaisants, qu'en temps d'épidémie ils peuvent être accrus dans des proportions considérables, sans qu'il en résulte à beaucoup près une augmentation proportionnelle dans la dépense.

Les frais d'établissement considérables pourraient être diminués, si les dispositions pour les appareils étaient entreprises en même temps que la construction du bâtiment.

Le mode de chauffage mixte à la vapeur et à l'eau, tout ingénieux qu'il est, me paraît avoir presque tous les inconvénients du chauffage à la vapeur, et qui doivent en faire

prohiber l'emploi dans les hôpitaux et dans la plupart des édifices publics ou privés.

L'introduction de l'air nouveau n'est assurée l'hiver que par l'action des poêles et des différences de température, et comme elle se fait par les grilles à fleur des planchers et par les poêles, elle n'est pas sans inconvénients.

Mais dans les autres saisons, cette introduction n'est nullement assurée. Les débouchés naturels qui lui sont réservés sont alors insuffisants et ce n'est que par les portes et les fenêtres qu'elle peut être complétée. Il serait d'ailleurs facile de remédier à ce défaut que nous avons signalé dans d'autres établissements.

La ventilation de l'étage supérieur, pour laquelle l'on a eu recours à l'appel par en haut, n'a pas été établie de la manière la plus convenable, et celle des lieux d'aisance était défectueuse.

Malgré ces critiques il n'en reste pas moins établi par les résultats des expériences que le système de ventilation par en bas établi par M. Grouvelle et qui, du reste, est analogue à ce qui avait été antérieurement pratiqué au parlement anglais, peut donner des résultats satisfaisants et économiques.

Appareils de chauffage et de ventilation par l'air chaud établis à l'hôpital militaire du Gros-Caillou.

Le ministre de la guerre a fait établir en 1858 dans l'un des bâtiments de l'hôpital du Gros-Caillou deux appareils de chauffage et de ventilation par l'air chaud, et auxquels l'on a successivement apporté diverses modifications pour en améliorer les effets. Plusieurs rapports contenant des résultats d'expériences ont été présentés par MM. les officiers du génie de la place de Paris, et, sans les analyser tous, je me bornerai à faire connaître les conclusions du dernier de ces rapports, rédigé par M. le lieutenant-colonel Doutrelaine d'après les expériences faites avec beaucoup de soin par M. le capitaine Rapatel.

Le bâtiment dans lequel les appareils ont été établis con-

siste (pl. XI) en deux ailes symétriques que sépare un pavillon central formant avant-corps : ces ailes, à trois étages, y compris le rez-de-chaussée, ont à chaque étage une chambre contenant 24 lits.

Des deux systèmes de chauffage et de ventilation essayés, l'un, dit système à calorifère souterrain, est établi dans l'aile sud du bâtiment, et l'autre, dit système à calorifères intérieurs, est destiné à desservir l'aile nord.

378. *Système à calorifères souterrains, aile sud.* — Dans l'application qu'on a faite dans le bâtiment I du premier de ces systèmes, le chauffage est obtenu au moyen de deux poêles (pl. XI, fig. 1) ou calorifères placés chacun sous le sol du rez-de-chaussée dans la direction de l'axe longitudinal et au quart de la longueur des salles, à partir de l'une des extrémités.

La chambre du calorifère (pl. XI, fig. 1, 2 et 4), cylindrique comme le poêle qu'elle contient, mais d'un diamètre un peu plus grand, s'évase beaucoup à sa partie supérieure (fig. 1) où se trouve aussi formée une sorte de chambre à air que recouvre une voûte en forme de calotte sphérique.

De cette chambre partent (pl. XI, fig. 4), dans quatre directions différentes et groupés trois à trois, douze carneaux distributeurs dont quatre, savoir, un par groupe, débouchent dans chacune des trois salles superposées par des orifices, au nombre de huit, ménagés au niveau du plancher, en des points choisis pour que la répartition de l'air neuf dans les salles se fasse uniformément. Cet air est pris à l'extérieur, au moyen de prises d'air directes, que l'on a disposées de façon à les isoler de celle du foyer, pour éviter qu'une partie de la fumée ou l'odeur des produits ne pénétrassent dans les salles.

Le tuyau de fumée, qui avait d'abord son origine un peu au-dessous de la grille, a été reporté plus tard vers le haut de la cloche du calorifère; il s'élève verticalement, puis se dirige en rampant vers une gaîne ou cheminée de ventilation

ménagée dans l'une des façades du bâtiment. Ce conduit rampant et la cheminée sont compris entre deux carneaux d'arrivée de l'air neuf, afin qu'il profite l'hiver de leur chaleur.

La cheminée, qui doit fonctionner comme cheminée d'appel, communique à cet effet avec chacune des trois salles superposées par deux ouvertures, dont l'une est voisine du plancher et sert à la ventilation d'hiver et dont l'autre devait être affectée à la ventilation d'été, et se trouve par suite au niveau du plafond. Des registres permettent de régler les quantités d'air qui pénètrent par les carneaux, ainsi que celles qui sortent des salles par les cheminées d'appel.

Les poêles qui, dans les premiers essais, se chargeaient par l'intérieur des salles, ce qui offrait plusieurs inconvénients sérieux, ont reçu une buse inclinée ouvrant dans le conduit souterrain par laquelle le coke est introduit. L'intérieur des poêles, qui primitivement n'avaient aucune garniture, a reçu une chemise en terre cuite ayant principalement pour objet de modérer la chaleur communiquée à l'air; mais plus tard, en 1861, les poêles ayant été trouvés insuffisants pour maintenir dans les salles la température voulue, l'on a supprimé cette garniture. Dans le même but et à la même époque, l'on a accru les vides de la grille du foyer, en les rendant égaux aux pleins, ce qui a donné la facilité de brûler plus de houille.

Enfin l'on a adapté à la partie antérieure de la cloche un petit tube à air destiné à amener l'oxygène nécessaire à la combustion de l'oxyde de carbone en excès qui se dégage du coke.

Comme l'air vicié des salles ne s'échappe que par les deux cheminées d'appel, dont chacune correspond à l'un des poêles, l'on a regardé comme nécessaire de les répartir l'une sur la façade est, l'autre sur la façade ouest du bâtiment en des points situés sur une ligne oblique à l'axe des salles.

En hiver, l'appareil fonctionne ainsi qu'il suit :

L'air neuf pénètre par la prise d'air souterraine, s'échauffe

au contact du calorifère et de ses parois, et acquiert ainsi une légèreté relative en vertu de laquelle il tend à s'élever, et par suite à suivre la voie des canaux qui le font déboucher dans les salles. Son mouvement est d'ailleurs activé par la sortie de l'air des salles, qu'aspire la cheminée d'appel. Le tirage de cette dernière est dû :

1° A l'excès de sa température intérieure sur celle de l'atmosphère extérieure et au calorique que lui abandonnent le tuyau de fumée et les deux carneaux qui lui sont accolés;

2° A la diminution relative de pression qui résulte de la vitesse de l'air chaud qui y est envoyé.

On peut d'ailleurs augmenter, si les circonstances l'exigent, l'effet aspiratoire de cette cheminée en la mettant en communication avec la cheminée souterraine du calorifère.

En été, l'air neuf arrive dans les salles par la même voie qu'en hiver, mais alors il traverse inutilement le calorifère, sans y être préalablement échauffé. Son mouvement en cette saison n'a lieu qu'en vertu de l'action indirecte du tirage de la cheminée d'appel de l'air vicié qu'il devient nécessaire d'échauffer. Un poêle extérieur *h* (pl. XI), logé dans une petite chambre en maçonnerie est destiné à produire cet effet.

Il résulte de cette description, empruntée presque littéralement à un rapport fait au comité des fortifications par M. le lieutenant-colonel de la Greverie, le 3 avril 1860 :

1° Que l'air neuf afflue dans les salles par des bouches placées à fleur du plancher et au nombre de huit;

2° Que l'air vicié n'est appelé que par deux bouches placées sur les côtés opposés des façades, ce qui n'est pas suffisant pour des chambres de 22 lits et présente des inconvénients que je signalerai plus tard.

379. *Système des calorifères intérieurs. Aile nord.* — La disposition des calorifères intérieurs offre beaucoup d'analogie avec celle des calorifères souterrains. Elle en diffère en ce que la chambre en maçonnerie qui entoure ceux-ci est rem-

placée par une double enveloppe en tôle qu'on a établie directement sur les planchers, comme l'ont fait il y a déjà longtemps beaucoup de constructeurs. L'air neuf arrive par des carneaux ménagés dans l'épaisseur des planchers, remplit l'espace compris entre les deux enveloppes des calorifères, s'y échauffe et se déverse ensuite dans les salles par des bouches pratiquées dans l'enveloppe extérieure vers le sommet de l'appareil.

Dans ce système, le tuyau de fumée se rend dans une des deux cheminées d'appel qui sont aussi disposées sur les façades opposées et détermine l'appel, ainsi que cela se pratique depuis longtemps dans les écoles. Ce dernier système n'a rien de neuf quant aux calorifères et au concours qu'ils apportent à la ventilation, il est tout à fait analogue aux dispositifs imparfaits en usage dans les écoles et dans des locaux où l'on ne séjourne qu'une partie de la journée.

Quant au chauffage par le coke, on sait qu'il offre l'avantage d'être assez régulier et de pouvoir être modéré, mais à la condition de bien régler l'alimentation d'air destinée à entretenir la combustion. Il a été depuis longtemps l'objet de perfectionnements ingénieux dus en grande partie au docteur Arnott, bien connu en Angleterre et auquel on doit aussi plusieurs appareils de chauffage et de ventilation.

Pour la ventilation d'été, l'aile nord est, comme l'aile sud, pourvue de deux petits calorifères extérieurs (pl. XI) destinés à chauffer l'air des cheminées d'évacuation.

380. *Expériences exécutées sur l'aile sud du bâtiment I. — Calorifères souterrains.* — Des expériences faites avec soin ont été exécutées en février et mars 1861 par une température extérieure moyenne de 9°,45, et en août de la même année par une température extérieure de 24°,12, par M. le capitaine Rapatel. Elles ont été répétées les mêmes jours, à trois heures différentes, et les résultats offrent, quant aux températures et aux volumes d'air vicié évacués, toute la régularité qu'on peut espérer en pareille occasion. Il en a été

tout différemment pour les volumes d'air introduits qui, par suite de la faiblesse de l'aspiration et des résistances qu'il avait à vaincre, n'affluait que très-irrégulièrement l'hiver et très-peu ou point du tout en été.

Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau suivant :

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES DE M. LE CAPITAINE RAPATEL SUR LE PAVILLON SUD DU BATIMENT DE L'HÔPITAL DU GROS-CAILLOU.

DATES.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES des salles.	TEMPÉRATURES de la gaîne.	VOLUMES D'AIR par heure et par lit. Extrait.	VOLUMES D'AIR par heure et par lit. Introduit.	RAPPORT du volume d'air introduit au volume d'air extrait.	ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.
Températures de la fin de l'hiver.							
	°	°	°	m.c.	m.c.		
27 février à 2 h.....	7	14,6	16,0	19,899	9,927		Calme. Nord-ouest.
— 4 h.....	7	13,6	16,8	19,179	14,147		
28 février à 10 h.....	10	16,6	16,1	19,613	9,207		
— 2 h....	10	16,3	16,8	21,467	5,673		
— 4 h.....	10	17,0	19,3	18,938	9,212		Fort.
1er mars à 10 h.....	10	14,6	18,3	22,263	12,763		Sud-ouest assez-fort.
— 2 h.....	10	15,0	17,6	22,079	12,054		
— 4 h.....	10	14,3	18,0	19,723	9,818		
2 mars à 10 h.....	9,75	14,6	16,6	21,285	5,814		Sud-ouest assez fort.
— 2 h.....	10,25	15,2	15,6	23,200	8,509		
— 4 h.....	10,00	15,6	17,0	20,896	9,927		
Moyennes.......	9,45	15,2	17,2	19,867	9,679	0,49	
Températures d'été.							
2 aout 1861 à 10 h. 1/2	23,75	23,80	36,8	26,424	0,567		
— 2 h.	24,00	25,25	48,1	24,064	0,567		
— 4 h. 1/2	26,00	26,66	53,3	25,979	0,709		
3 aout 1861 à 10 h.	23,00	23,00	40,4	26,044	»		
— 2 h.	24,00	22,80	49,0	29,004	»		
— 6 h.	24,00	22,80	44,1	26,728	»		
Moyennes.......	24,12	25,50	45,3	26,375	»	0,07	

381. *Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Si l'on jette les yeux sur ce tableau, l'on voit qu'en moyenne les deux calorifères souterrains n'ont élevé la température de l'air des salles qu'à 15°,2, alors que celle de l'air extérieur était de 9°,45. C'est donc une élévation de 5°,75 qu'ont produit ces appareils. D'après d'autres observations faites l'hiver, lorsque la température extérieure était de 6 à 8° au-dessous de zéro, l'on n'a jamais pu, quelque soin que l'on prît du feu, dépasser, pour les salles, la température de 12°, ce qui n'est pas suffisant pour des malades. Il est d'ailleurs à l'inverse très-difficile de modérer la température, quand le temps est doux.

La ventilation pendant les expériences de février et de mars 1861, s'est élevée en moyenne à $19^{m.c},867$, soit 20 mètres cubes d'air vicié extrait par heure et par lit; le volume d'air neuf admis par les bouches n'a été que de $9^{m.c},679$ en moyenne par heure et par lit.

La consommation de combustible a été de 230 kilogrammes par jour pour les calorifères et les trois salles de l'aile sud, contenant ensemble 66 lits. En comptant le coke à 42 francs seulement les 1000 kilogrammes (ce qui est je crois un prix trop bas*), cela revient à une dépense de $0^f,146$ par jour et par lit, ou à $365 \times 0^f,146 = 53^f,29$ par an et par lit, ci.. $53^f,29$

La dépense totale d'établissement a été pour cette aile de 17500 francs, en la réduisant à 14000 francs pour tenir compte des diverses modifications introduites, elle revient à $215^f,15$ par lit dont l'intérêt et l'amortissement à 10 pour 100 sont de $21^f,51$

L'entretien des appareils évalué à 2 pour 100 par an et par lit, serait de........................ $0^f,43$

A reporter $75^f,23$

* Nous avons admis le prix de 43 francs les 1000 kilogrammes dans les comparaisons précédentes.

Report	75f,23
En admettant qu'un seul chauffeur puisse suffire pour le service de jour et de nuit des quatre calorifères, la moitié de son salaire annuel à 4 francs par jour serait par lit de $\frac{730^f}{66}$	11f,06
La dépense annuelle par lit est donc de...........	86f,29
intérêts compris, ou de.........................	64f,78
intérêts non compris.	

Le volume d'air vicié extrait ayant été trouvé de $20^{m \cdot c},00$ par heure et par lit, la ventilation annuelle d'un mètre cube d'air est donc revenue :

$$\text{Intérêts compris à.... } \frac{86^f,29}{20} = 4^f,32$$

$$\text{Intérêts non compris à } \frac{64^f,78}{20} = 3^f,14$$

Pendant ces expériences, le calorifère d'été ne fonctionnait pas.

A l'inverse, au mois d'août les deux calorifères d'été fonctionnaient seuls, et l'on a consommé pour les deux 100 kilogrammes de coke, qui, au prix de 42 francs pour 100 kilogrammes, ont coûté $4^f,20$ par jour ou $\frac{4,20}{66} = 0^f,0636$ par lit et par jour.

En admettant que la dépense du combustible faite lors des expériences de février, où la température moyenne a été de 9°,45, n'excédât pas la moyenne des 200 jours d'hiver, ce qui est une supposition très-favorable au système, l'on aurait pour la dépense annuelle de combustible :

200 jours d'hiver à 0f146	=	29f20
165 jours d'été à 0f0636	=	10,49
Dépense annuelle de combustible par lit		39,69

A reporter	39,69

Report	39f 69
Entretien des appareils.................	0,43
Chauffeurs..........................	11,06
Dépenses, intérêts non compris..........	51,18
Intérêts..............................	21,04
Dépenses totales, intérêts compris.......	72,22

Si nous admettons que la ventilation normale, soit la moyenne de celles qui ont été constatées par M. le capitaine Rapatel est égale à $\frac{19,87+26,37}{2}=23^{m.c},22$, il s'ensuivrait que la ventilation annuelle d'un mètre cube d'air par heure coûterait avec ce système :

$$\text{Intérêts compris....}\quad \frac{72^f,22}{23,22}=3^f,11$$

$$\text{Intérêts non compris}\quad \frac{51^f,12}{23,22}=2^f,20.$$

L'on voit donc que, dans ces hypothèses, évidemment favorables au système, la ventilation annuelle serait encore beaucoup plus chère que dans tous ceux que nous avons examinés jusqu'ici.

Malgré toutes les améliorations, successivement apportées à ces appareils, l'on n'a pu éviter, principalement au rez-de-chaussée, une odeur sulfureuse désagréable et parfois intolérable.

En visitant, au mois de février 1862, les salles de l'aile sud de ce pavillon, j'ai constaté que, par un vent de nord-est assez fort, l'air extérieur était refoulé dans les salles à tous les étages.

582. *Expériences sur les appareils de l'aile nord du bâtiment I.* — L'on doit aussi à M. le capitaine Rapatel des expériences analogues aux précédentes sur les appareils établis dans l'aile nord du même bâtiment. Les résultats de ces observations sont résumés au tableau suivant.

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES DE M. LE CAPITAINE RAPATEL SUR LE PAVILLON NORD DU BATIMENT DE L'HOPITAL DU GROS-CAILLOU.

DATES.	TEMPÉRATURES			VOLUMES d'air extrait par heure et par lit.	ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.
	extérieures.	des salles.	de la gaîne.		
	Température de la fin de l'hiver.				
	°	°	°	m.c.	
27 février 1861 à 2 heures...	7	14,5	54,0	10,429	Couvert humide calme vent de nord-ouest.
— 4 heures...	7	15,9	40,0	10,821	
28 février 1861 à 10 heures...	10	15,7	51,0	15,016	Variable, couvert, calme, vent du nord-ouest.
— 2 heures...	10	16,3	50,7	12,393	
— 4 heures...	10	17,3	48,0	15,827	
1er mars 1861 à 10 heures...	10	14,7	55,0	21,754	Couvert, vent du sud-ouest assez fort.
— 2 heures...	10	15,7	46,0	12,916	
— 4 heures...	10	15,3	50,7	10,711	
2 mars 1861 à 10 heures...	9,75	15,2	48,7	14,891	Variable, vent du sud-ouest parfois très-fort refoulement de l'air, dans la cheminée.
— 2 heures...	10,50	15,0	44,3	14,945	
— 4 heures...	10,00	15,2	45,3	14,072	
Moyennes.............	9,7	15,5	48,5	13,980	
	Températures d'été.				
2 aout 1861 à 10 heures...	23,75	23,5	35,3	26,678	
— 2 heures...	23,75	24,7	55,5	19,864	Vent du sud-ouest, assez-fort.
— 4 h. 30.....	26,0	25,7	66,5	23,729	
3 aout 1861 à 10 heures...	23,0	22,7	56,0	19,473	Vent d'ouest, fort.
— 2 heures...	24,0	23,0	74,7	24,956	Vent moins fort.
— 6 heures...	24,0	23,25	45,2	27,500	Vent du sud-ouest.
5 aout 1861 à 10 heures...	31,0	25,0	60,1	39,045	
— 2 heures...	31,0	27,3	49,5	24,593	Calme, très-beau temps.
— 6 heures...	31,0	28,2	49,3	33,990	
	26,4	24,8	54,7	26,625	

383. *Conséquences des résultats consignés dans le tableau précédent.* — Dans les expériences faites à la fin de février et de mars 1861, la température extérieure était assez douce pour qu'il ait suffi d'allumer un seul des calorifères extérieurs; mais les deux calorifères extérieurs de ventilation étaient aussi allumés. Le volume d'air vicié extrait ne s'est élevé en moyenne qu'à $13^{m.c},98$ par heure et par lit, quoique l'excès de la température de la gaîne de ventilation sur la température extérieure ait été moyennement de $38^{0},8$. Le vent a varié du Nord-Ouest au Sud-Ouest et a été parfois assez violent pour produire des refoulements dans la cheminée.

La consommation de combustible a été de 250 kilogrammes de coke par jour, ce qui, à raison de 66 lits, correspond à une dépense de $0^{f},160$ par jour et par lit. Il n'a pas été possible de mesurer le volume d'air neuf introduit par l'enveloppe du calorifère.

Dans les expériences d'été, faites du 4 au 5 août 1860, par une température moyenne extérieure de $26^{0},4$, le volume d'air extrait des salles a été en moyenne de $26^{m.c},625$ par heure et par lit. L'excès moyen de la température de la gaîne sur la température extérieure a été de $28^{0},3$. Les expériences du 5 août, faites par un temps calme, ont contribué à élever cette moyenne, qui, le 2 et 3 août, n'était que de $24^{m.c},70$. La dépense de combustible a été de 100 kilogrammes de coke par jour pour les deux calorifères extérieurs, comme pour les deux appareils semblables de l'aile Sud et la dépense a été aussi de $0^{f},0636$ par jour et par lit.

En admettant encore ici que la dépense de combustible pendant les 200 jours d'hiver, soit seulement de $0^{f},160$ par lit, ou en tout de $200 \times 0,160$.................. $32^{f},00$

et que de même elle soit de $0^{f}.0636$ pour chacun des 165 jours d'été ou en tout de $165 \times 0^{f},0636 =$ $10^{f},40$

La dépense annuelle pour le combustible par lit serait de... .... $42^{f},49$

A reporter... $42^{f},49$

Report.......	$42^f,49$
L'entretien des appareils étant encore évalué par par lit à................................	$0^f,43$
Le salaire du chauffeur à.......................	$11^f,06$
La dépense par lit, intérêts non compris serait de	$53^f,98$
En supposant que la dépense d'établissement n'ait été que de 12 000 francs, soit de $181^f,81$ par lit, l'intérêt et l'amortissement à 10 pour 100 seraient de....................................	$18^f,18$
Et la dépense annuelle par lit, intérêts compris, s'élèverait à..............................	$72^f,16$

C'est-à-dire à peu près la même que pour l'aile Sud, où l'on a employé les calorifères souterrains.

Si, enfin, l'on admettait aussi que le volume moyen d'air évacué fût la moyenne arithmétique des deux volumes trouvés en février et en août 1861, ce volume serait de $20^{m \cdot c},30$ par heure et par lit, et alors la ventilation annuelle d'un mètre cube d'air par heure et par lit, reviendrait, avec ce système :

$$\text{Intérêts compris à.... } \frac{72^f,16}{20^f,30} = 3^f,55$$

$$\text{Intérêts non compris à } \frac{53^f,98}{20^f,20} = 2^f,66.$$

C'est-à-dire un peu plus cher que celui de l'aile Sud.

384. *Observations sur l'emploi du calorifère intérieur.* — L'emploi de ces calorifères, qui sont loin d'être aussi bien établis que divers autres appareils du même genre, destinés à brûler du coke, présente, dans le cas où l'on veut les employer à activer la ventilation, des inconvénients de plus d'un genre. Outre la malpropreté et la mauvaise odeur qu'occasionne leur service, ils s'échauffent trop fortement, et leur

voisinage est parfois insupportable, tandis qu'à l'inverse ils sont sujets à se refroidir trop brusquement.

Quand le temps est doux, un seul de ces appareils suffisant pour le chauffage d'une salle, l'on n'allume pas l'autre, et alors, non-seulement l'alimentation d'air neuf se trouve réduite de moitié, mais la cheminée de celui des calorifères qui ne fonctionne pas, ne sert plus à la ventilation et fournit même de l'air froid, si son calorifère extérieur n'est pas allumé, ce qui peut arriver souvent.

385. *Observations communes aux appareils des deux ailes du bâtiment I.* — La disposition générale donnée aux appareils de chauffage et de ventilation des deux ailes du bâtiment présente d'ailleurs des inconvénients graves. Les arrivées d'air neuf y sont complétement insuffisantes et placées d'une manière défectueuse.

Les cheminées d'évacuation ne sont pas partagées à chaque étage par des languettes, ce qui est un défaut inhérent au système et permet parfois à l'air vicié d'un étage de pénétrer dans un autre, soit de bas en haut, soit de haut en bas, quand des circonstances accidentelles changent les relations des pressions.

Malgré le soin que l'on peut apporter au règlement des orifices, il se produit dans les volumes d'air évacués et dans la vitesse des variations considérables d'un étage à l'autre.

L'établissement de deux cheminées seulement, pour des chambres de 22 ou de 24 lits, pour l'évacuation de l'air vicié, a pour conséquence forcée que l'air de plusieurs lits, parfois occupés par des malades atteints de blessures graves et purulentes ou d'affections contagieuses, vient affluer autour des lits voisins de ces cheminées, ce qui est contraire aux principes d'une bonne ventilation.

Enfin la ventilation produite par ces appareils est tout à fait insuffisante, et pour qu'elle atteignît le chiffre normal de 60 mètres cubes d'air par heure et par lit, la dépense d'établissement

devrait être plus que doublée, ce qui ferait disparaître l'avantage qui leur a été attribué d'une installation économique.

De l'ensemble des expériences et des observations que nous venons d'analyser, ainsi que des tentatives infructueuses d'amélioration de ces appareils de chauffage et de ventilation par l'air chaud établis à l'hôpital du Gros-Caillou, depuis 1859 jusqu'à ce jour, le service du Génie a conclu qu'il y avait lieu de renoncer à les employer et à chercher davantage à les perfectionner.

386. *Hôpital de Vincennes. — Chauffage et ventilation par l'air chaud du bâtiment* c. — *Disposition des appareils à air chaud.* — « Le chauffage et la ventilation du bâtiment *c* sont obtenus au moyen d'appareils à air chaud dont la disposition est en apparence fort simple. Un courant d'air rapide chauffé à 90° environ par un fourneau à coke, pl. XII, fig. 1, s'élève vers les différents étages et s'y distribue. Deux colonnes d'air chaud et la fumée du fourneau montent dans des cheminées d'appel et y déterminent par le double effet du chauffage et de l'entraînement, l'ascension de l'air vicié soutiré des salles *.

« Chaque appareil se compose de deux fourneaux établis dans un même compartiment des caves. L'un, pl. XII, fig. 1 et fig. 3, le calorifère placé au-dessous du milieu du bâtiment est destiné à chauffer et à ventiler pendant l'hiver les salles situées au-dessus, au rez-de-chaussée, au premier, au second et au troisième étage, sur une longueur de bâtiment d'environ $12^{m},50$ et une largeur intérieure de 8 mètres, soit $100^{m.q},0$ de superficie. La hauteur des quatre étages ensemble étant de $17^{m},50$ environ, cela correspond à une capacité de 1750 mètres cubes.

« L'autre calorifère *b*, fig. 2 et fig. 7, appelé le *ventilateur*, doit servir à ventiler les mêmes espaces pendant l'été; mais, par une modification introduite dans le cours de la construc-

---

* Extrait du rapport de M. le commandant du génie Benoît.

tion, il peut venir en aide au calorifère pendant les grands froids, soit en ventilant les salles et laissant aussi toute la puissance du calorifère employée au chauffage, soit même en envoyant à celui-ci une partie de son air chaud.

« Huit appareils ont été construits dans le bâtiment *b*, six complets avec calorifère et ventilateur se trouvent sous le pavillon Sud et les deux grandes salles. Les deux autres n'ont que le calorifère : le premier de ceux-ci chauffe l'escalier central et les petits locaux contigus et ventile les latrines pendant l'hiver (il a été trouvé insuffisant pour ce service), l'autre chauffe le pavillon Nord occupé par les sœurs. Ces appareils, bien que différant entre eux par quelques détails à cause de leurs situations diverses, présentent des dispositions générales semblables. Il suffira donc de présenter la description d'un appareil complet : nous prendrons pour type l'appareil n° 2. »

387. *Calorifère.* — « L'air est pris dans le jardin de l'hôpital, sur la face orientale du bâtiment, soit par un soupirail là où le soubassement est assez élevé, soit par un puits et une galerie. Cette prise et son conduit ont 50 décimètres carrés de section : celui-ci passe sous le corridor des caves et débouche à la base du calorifère.

« Le calorifère consiste en un fourneau cylindrique *a* en fonte ayant $3^m,30$ de hauteur et $0^m,50$ de diamètre. Les quatre pièces dont il se compose sont assemblées à emboîtement et lutées avec soin, pour empêcher le mélange des gaz de la combustion avec l'air envoyé dans les salles. (Ce qui n'exclut pas tout à fait cet inconvénient, surtout après un certain temps de service.)

« Le foyer est garanti par un manchon en terre cuite contre l'action trop vive du feu : au moyen de coins en fer, qui le supportent, on peut le retirer et renouveler le manchon; les autres pièces demeurent alors suspendues par des cercles en fer.

« La surface de chauffe du fourneau et de son tuyau de

fumée est de $4^{m \cdot q},40$. La capacité des locaux à chauffer dans l'aile Sud est de 17 505 mètres cubes, ce qui donne le rapport de 1 mètre carré pour 400 mètres cubes; rapport que l'expérience a démontré être trop faible *, d'autant plus qu'une partie de l'air chaud provenant du calorifère sert à la ventilation et que l'air des salles est renouvelé toutes les heures.

« Comme on l'a dit plus haut, le fourneau ventilateur *b*, peut apporter au chauffage le concours de ses $2^{m \cdot q},80$ de surface de chauffe, ce qui donne un total de $7^{m \cdot q},20$ ou 1 mètre carré pour 243 mètres cubes d'espace à chauffer (ce qui est encore insuffisant).

« Dans les salles de l'aile Nord, la capacité des salles à chauffer est seulement de 1425 mètres cubes par calorifère, correspondant à 324 mètres cubes par mètre carré de surface de chauffe, ou enfin à 198 mètres cubes par mètre carré de surface de chauffe, en tenant compte de l'action combinée du petit fourneau.

« Une tubulure fermée par un clapet en tôle sert à l'introduction de la charge.

« Le combustible employé est le coke. La consommation est de 9 à 10 kilog. par heure **. La fumée du calorifère est conduite dans un tuyau *a* jusqu'au sommet d'une cheminée d'appel pratiquée dans la façade Est du bâtiment; elle sort à 120°. Un tuyau de $0^{m},25$ de diamètre concentrique au précédent, et partant de la chambre à air, verse de l'air chaud dans la même cheminée: enfin, un autre tuyau de $0^{m},25$ de diamètre amène un courant d'air chaud dans la cheminée d'appel de la façade Ouest.

« La chambre à air a la forme d'un cylindre surmonté par une calotte sphérique: son enveloppe est construite en briques réfractaires. La hauteur est de $3^{m},90$, son diamètre inté-

---

* Les bons constructeurs allouent ordinairement $1^{m \cdot q},00$ pour 200 mètres cubes, sans compter le tuyau de fumée.

** Cette consommation de 10 kil. correspond à un volume de $0^{m \cdot c},025$ et à un abaissement de $0^{m},10$ à $0^{m},12$ par heure. Il s'ensuit qu'il faut charger le fourneau toutes les trois ou quatre heures quand le feu doit être continu.

rieur de $1^{m},60$, sa capacité de 7 mètres cubes, déduction faite du fourneau. Elle est traversée dans sa hauteur par une spirale en tôle *c* qui oblige l'air à circuler sur la surface de chauffe, avant de s'échapper par les orifices supérieurs.

« Au-dessus du fourneau se trouve placé un bassin en fonte *f* d'une contenance de 75 litres, qu'on peut remplir d'eau par l'extérieur jusqu'à un niveau déterminé. Son objet est de rendre à l'air chaud destiné aux salles l'humidité que le contact de la fonte brûlante a pu lui enlever et qui est nécessaire à la respiration. »

588. *Distribution de l'air chaud.* — « Les canaux de distribution partent de la voûte de la chambre à air : quatre tuyaux, pl. XII, fig. 1 et 2, de $0^{m},16$ conduisent l'air dans la salle du rez-de-chaussée, celui qui est destiné aux étages sort par un orifice supérieur, pl. XII, fig. 1, de $0^{m},70$ de diamètre. La distribution se fait dans le socle du poêle du rez-de-chaussée où des registres ouvrent à volonté trois tuyaux concentriques : le plus gros tuyau débouche dans le poêle du premier étage, pl. XII, fig. 1, le moyen dans le poêle du second, le plus petit dans le poêle du troisième. De la base de chaque poêle rayonnent quatre tuyaux, pl. XII, fig. 1, en poterie qui passent sous le parquet et conduisent l'air jusqu'aux bouches.

« Mais les poêles ne donnent eux-mêmes issue à l'air chaud que par de petits trous de $0^{m},01$ à $0^{m},02$ de diamètre, qui ont été reconnus nécessaires pour que cet air y circule et les échauffe. La surface de ces poêles est de $3^{m.q},46$.

« Les bouches d'air chaud dans les salles, au nombre de quatre seulement par calorifère, sont circulaires et ouvertes à fleur du parquet. Elles sont munies d'un cylindre mobile en fonte, formant grille au moyen duquel on peut régler, comme avec un robinet, l'introduction de l'air. »

589. *Fourneau de ventilation.* — « L'appareil *h*, pl. XII, fig. 2, destiné à produire la ventilation des salles pendant l'été et à concourir, s'il en est besoin, pendant l'hiver au

chauffage et à la ventilation, présente des dispositions analogues à celles du fourneau-calorifère.

« La prise d'air est faite dans la cave par 14 décimètres carrés de section, le fourneau a 2 mètres de hauteur et $0^{m},40$ de diamètre. Il est composé de trois pièces, dont les deux inférieures peuvent être enlevées pour remplacer le manchon de terre du foyer.

« La pièce supérieure *k* porte une tubulure *c* pour l'introduction de la charge, et une autre pour l'évacuation de la fumée. La surface de chauffe est de $2^{m.q},80$, la capacité du foyer de 22 litres ; la consommation moyenne de 5 kilog. de coke par heure ou environ $2^{kil},80$ par 1000 kilog. d'air extrait des salles.

« La chambre à air a de même la forme d'un cylindre surmonté par une calotte sphérique : sa hauteur est de $2^{m},50$; son diamètre de $0^{m},76$; sa capacité de $0^{m.c},36$, déduction faite du fourneau. L'air introduit dans la chambre par le dessous, s'échauffe à la température de 80^{0} et s'échappe par les trois orifices que présente la calotte.

« Le premier de ces orifices destiné à concourir au besoin au chauffage porte l'air chaud par un tuyau de $0^{m},30$ dans la chambre du grand fourneau ; le second, destiné à la ventilation de la cheminée Est, porte l'air chaud dans cette cheminée par un tuyau de $0^{m},25$; le troisième, pratiqué au sommet de la voûte laisse passer le tuyau de fumée qui monte dans la cheminée Ouest, entouré d'un tuyau d'air chaud de $0^{m},25$; cette fumée et cet air chaud devant servir à produire le tirage de la cheminée occidentale. Ces trois orifices s'ouvrent et se ferment par des clefs : dans le troisième conduit débouche le conduit venant du grand calorifère et qui apporte l'hiver dans la cheminée Ouest l'air chaud destiné à la ventilation. »

390. *Appareil ventilateur.* — « Dans chaque trumeau des salles s'ouvrent, pl. XII, fig. 2, deux bouches par lesquelles s'opère la ventilation de ces salles et qui introduisent l'air dans des gaînes verticales ou cheminées d'appel ménagées

dans l'épaisseur des murs de façade. Ces bouches sont de formes et de dispositions en tout semblables à celles du système Grouvelle.

« Les deux fourneaux voisins, calorifère et ventilateur, ont des cheminées distinctes élevées contre les murs de façade et dépassant de 3^{m},50 la corniche du bâtiment.

« Pendant l'été, c'est la cheminée Ouest qui reçoit la fumée et l'air chaud venant du petit fourneau. Enfin, si, pendant les grands froids, on fait fonctionner simultanément les deux fourneaux, leurs tuyaux de fumée suffisent pour les deux appels d'Est et d'Ouest; l'air échauffé par les deux foyers est réuni sous la calotte du calorifère et porté dans les salles par les canaux de distribution.

« Les calorifères étant placés sous le bâtiment à des distances de 3 ou 4 trumeaux (12^{m},60 à 16^{m},80) les uns des autres, il en résulte que dans chaque intervalle deux ou trois gaînes d'évacuation ne sont pas parcourues par la fumée ou par l'air chaud; mais ces gaînes s'élèvent verticalement jusqu'au plafond et vont sous le plancher gagner la cheminée principale. Pour égaliser la ventilation on ouvre entièrement, c'est-à-dire à 0^{m},25 les bouches intermédiaires et seulement à 0^{m},10, celles qui correspondent aux cheminées d'appel proprement dites. Malgré ces précautions, il y a une très-grande inégalité dans l'appel qui se produit par ces divers conduits.

« Ainsi, l'appareil de ventilation met en mouvement l'air des cheminées et par suite l'air des salles, non-seulement par l'élévation de température qu'il lui communique, mais encore par l'aspiration qu'il détermine dans les conduits latéraux aux divers étages.

« Une mitre couronne chaque cheminée d'appel pour atténuer autant que possible l'effet des coups de vent et s'opposer aux remous intérieurs.

« L'étage mansardé ne possède de bouches d'appel que sur les cheminées, c'est-à-dire deux par calorifère, et encore ces bouches fonctionnent-elles généralement mal, par suite du faible tirage des cheminées à cette hauteur et de leur refroi-

dissement. Les coups de vent s'y font sentir et il semble préférable de les tenir fermées. On y a suppléé par des évents de $21^{d \cdot q}$,60 d'ouverture (environ 2 décimètres carrés par malade), percés dans le plafond et réglés par des registres. Ils donnent issue à l'air vicié dans une gaîne horizontale, pl. XII, fig. 1 et 2, ménagée entre le toit et le plafond et ayant une section d'un mètre carré. Cette gaîne, qui règne au-dessus de toute la salle, est partagée au milieu de sa longueur par une cloison; les deux portions voisines du pavillon central aboutissent à la grande cheminée Y qui surmonte ce pavillon, les deux autres portions de gaîne conduisent aux cheminées des pavillons extrêmes, et comme ces cheminées ont une hauteur de 6^{m},60 au-dessus du plafond du troisième étage, elles produisent un appel assez énergique et contribuent ainsi par la ventilation naturelle à l'aérage de la salle. Ce dernier dispositif est celui qui sert à obtenir la ventilation à cet étage. Elle est par conséquent uniquement due à l'effet naturel de la différence des températures. »

391. *Observation sur ces appareils.* — La description que, d'après le mémoire de M. le commandant Benoît, nous venons de reproduire des appareils de chauffage et de ventilation établis dans le bâtiment *b* de l'hôpital de Vincennes, montre que les dispositions générales qui ont été imposées aux officiers chargés de la construction ne sont pas à l'abri des critiques auxquelles donne lieu l'emploi des calorifères à air chaud.

La disposition des bouches d'arrivée de cet air au niveau du plancher, au milieu des salles, et la température souvent supérieure à 60° et 65° à laquelle il y afflue, sont des inconvénients graves. Si, comme on le verra par les résultats des expériences, le volume d'air chaud ainsi fourni l'hiver s'élève à 30 ou 35 mètres cubes par heure et par lit, il n'en est plus de même pendant l'été, où l'arrivée de l'air ne se fait en réalité pour la plus grande partie que par les portes et les fenêtres : ce qui tient à ce que l'air nouveau est même dans

cette saison inutilement obligé de circuler dans le calorifère et de là dans des conduits trop étroits.

392. *Résultats d'expériences.* — Le bâtiment *b*, dont il est ici question, n'a été occupé par les malades que dans les premiers jours de mai 1862, et ce n'est qu'à partir de cette époque qu'il a été possible de constater les résultats réels des appareils qui y ont été établis.

Des expériences, exécutées avec beaucoup de soin par M. le commandant Benoît, ont fourni des résultats que je vais résumer succinctement.

VENTILATION D'ÉTÉ.

L'appel de l'air vicié est fait, à l'Est, par le courant d'air chaud ; à l'Ouest, par l'action du tuyau de fumée.

DATES.	NUMÉROS des calorifères.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES dans les salles.	TEMPÉRATURES dans les gaînes d'appel	TEMPÉRATURES à la sortie.	ÉTAGES.	VOLUME d'air moyen évacué par heure et par lit.		OBSERVATIONS.
1862		0	0				m.c.		
3 mai	2, 3, 4	12	18 à 19	»	»	Rez-de-chauss..	34,95	35,95	* Il n'y a que 4 lits dans cette petite salle.
						1er étage......	34,05		
						2e étage.......	38,85		
						3e étage.......	37,80		
3 mai	6, 7	11	19	»	»	Rez-de-ch. *...	74,25	43,65	Le rez-de-chaussée, les 1er et 2e étages sont ventilés à l'aide des appareils.
						1er étage......	50,00		
						2e étage.......	37,30		
						3e étage.......	40,00		
19 mai	2, 3, 4	22	20	»	»	Rez-de-chauss.	42,67	31,12	Ventilation naturelle par les ouvertures du plafond, pour le 3e étage.
						1er étage......	32,10		
						2e étage.......	18,60		
						3e étage.......	21,80		
18 juin	6, 7	15	18	»	»	Rez-de-chauss.	»	46,23	
						1er étage......	44,17		
						2e étage.......	48,30		
						3e étage.......	22,32		
22 jllt.	2, 3, 4	22	22	»	»	Rez-de-chauss.	64,57	51,29	
						1er étage......	50,02		
						2e étage.......	39,30		
						3e étage.......	44,32		
29 jllt.	2, 3, 4	9	19,5	»	»	Rez-de-chauss.	86,40	54,39	
						1er étage......	42,72		
						2e étage.......	34,05		

393. *Observations sur les résultats précédents.* — L'examen des nombres consignés dans le tableau précédent ne permet guère d'apprécier les résultats moyens obtenus avec les appareils qui nous occupent; car l'on voit que la plupart du temps, malgré les soins pris pour régler les orifices d'appel, les volumes d'air vicié évacués du deuxième étage n'ont été que la moitié de ceux qui l'ont été du rez-de-chaussée; ce qui tient d'une part à ce que pour ce dernier étage la hauteur de la cheminée d'évacuation est beaucoup plus considérable que pour le deuxième, et de l'autre à ce que les conduits principaux d'évacuation étant communs aux trois étages, le courant venu du bas gênait l'introduction de l'air des étages supérieurs, ce qui est un défaut capital du système.

L'on remarquera de plus que le 3 mai, avec le groupe des calorifères 2, 3, 4 et avec le groupe 6, 7 les volumes d'air évacués du troisième étage, par la seule action de la ventilation naturelle, sans aucun concours des appareils, par heure et par lit étaient sensiblement les mêmes qu'aux autres étages.

Des effets analogues, quoique à un degré moindre, se sont produits d'autres fois et si l'on remarque que la ventilation naturelle pourrait être doublée et triplée, sans aucune dépense, par la seule ouverture d'un nombre double ou triple d'orifices, les températures restant les mêmes, l'on en devra conclure que pour la ventilation d'été les appareils établis pourraient être remplacés par la ventilation naturelle.

Si, dans les expériences du 29 juillet, le volume d'air évacué avec l'aide des appareils a été bien supérieur à celui qui a été observé les jours précédents, cela tient à ce que le chauffage des appareils a été plus énergique. L'excès moyen de la température dans les cheminées d'appel sur la température extérieure ayant été ce jour-là, comme on le verra plus loin, de 21°.

394. *Comparaison des effets obtenus dans les cheminées d'ap-*

pel par l'utilisation de la chaleur des tuyaux de fumée et par l'emploi d'un courant d'air chaud. — L'on a vu par la description des appareils que, pendant l'été, les cheminées d'appel du côté Est recevaient un courant d'air chaud destiné à déterminer l'évacuation de l'air vicié et que celles du côté Ouest étaient échauffées par la chaleur émise par les parois des tuyaux de fumée des calorifères spécialement destinés à la ventilation. Il était intéressant de comparer les effets de ces deux modes d'appel.

M. le commandant Benoît, ayant dans ses tableaux d'expériences, exactement indiqué les volumes d'air évacués de chaque côté, il a été facile de les mettre en regard dans le tableau suivant :

VENTILATION D'ÉTÉ.

DATES. CALORIFÈRES.	VOLUMES D'AIR ÉVACUÉS PAR MINUTE du côté	
	EST. Air chaud.	OUEST. Tuyau de fumée
	m.c.	m.c.
3 mai. 2 — 3 — 4	7,70	15,60
	9,20	13,50
	5,55	20,35
6 — 7	10,65	15,95
	8,00	11,90
19 mai. 2 — 3 — 4	7,25	21,20
	6,40	15,00
	5,90	6,50
18 juin. 6 — 7	11,70	17,75
	18,45	13,75
22 juillet. 2 — 3 — 4	17,30	25,75
	10,90	22,45
	6,40	19,80
29 juillet. 2 — 3 — 4	20,85	20,85
	9,25	9,25
	6,50	6,50
	162,00	294,35

Il suit de ce relevé que le volume total d'air vicié évacué par les cheminées Ouest, qui recevaient la chaleur émise par

les tuyaux de fumée, ayant été dans ces six séries d'expériences de $294^{m \cdot c},35$ par minute, celui qui a été évacué avec l'emploi de l'air chaud n'a été que de 162 mètres cubes.

Le rapport de ces deux nombres $\frac{294,35}{162,00} = 1,81$ montre l'avantage considérable qu'il y aurait à n'envoyer que de la chaleur dans les cheminées d'appel, sans employer pour véhicule de cette chaleur un volume d'air chaud, auquel elle doit imprimer le mouvement et qui absorbe par conséquent une portion considérable du travail mécanique qu'elle développe. Ces résultats sont tout à fait conformes aux principes que j'ai cherché à mettre en évidence aux n^{os} **225** et suivants du chapitre IV.

595. *Comparaison des résultats observés le* 31 *juillet* 1862 *avec et sans chauffage.* — Il a été fait ce jour, à 6 heures du matin, des expériences comparatives sur les volumes d'air évacués dans les salles correspondantes aux calorifères 6 et 7 qui ont été chauffés et dans celles qui correspondent aux calorifères 2, 3, 4 qui ne l'étaient pas.

Dans les expériences avec chauffage les volumes d'air extraits du premier et du deuxième étage à l'aide des deux calorifères 6 et 7 ont été en somme de $75^{m \cdot c},95$ en $1'$ ou de $37^{m \cdot c},97$ en $1'$ par calorifère.

La température extérieure était de 9^0, celle de l'intérieur des salles de 21^0. Différence 12^0.

Dans les expériences sans chauffage les volumes d'air extraits des salles du premier et du deuxième étage à l'aide des trois calorifères, 2' 3 et 4 ont été en somme de $62^{m \cdot c},15$ en $1'$ ou de $31^{m \cdot c},92$ en $1'$ par calorifère.

La température extérieure était de 9^0 et celle des salles de 19^0. Différence 10^0.

Si cette différence des températures avait été comme dans l'autre cas de 12^0, le volume d'air évacué par l'action de la ventilation naturelle aurait été, d'après la loi connue, accrue

dans le rapport de $\sqrt{12}$ à $\sqrt{10}$ ou de 1,095 à 1,00. Il eût donc été par calorifère de

$$31^{m.c},02 \times 1,095 = 33^{m.c},97.$$

Il suit de ces expériences que l'effet utile des appareils n'a été que de produire par calorifère dans le volume d'air évacué un accroissement de

$$37^{m.c},97 - 33^{m.c},97 = 4^{m.c.}$$

ou $\frac{4}{37,97} = 0,106$ de l'effet obtenu avec le concours de la ventilation naturelle et du chauffage.

L'on voit donc combien ici l'action du chauffage est faible par rapport à celle de la ventilation naturelle, dès qu'il y a une différence de 10^0 à 12^0 entre la température intérieure et la température extérieure des salles. Et comme en donnant de plus grandes dimensions aux conduits d'évacuation l'on peut accroître à volonté les effets de la ventilation naturelle, il s'ensuit qu'en pareilles circonstances, qui se présentent presque toujours la nuit pendant l'été, l'on pourrait en cette saison assurer la ventilation sans le concours des appareils, surtout si, par des dispositions convenables, l'on assurait aussi des rentrées faciles et abondantes d'air extérieur.

396. *Expériences d'été faites pendant la journée.* — Quoique l'été dans la journée le mode de ventilation le plus naturel et le plus agréable pour les malades, soit certainement l'ouverture des fenêtres, l'on a jugé convenable de faire le 22 juillet 1862 à 3 heures de l'après-midi quelques observations sur les effets d'un chauffage assez énergique des appareils.

Les résultats de ces expériences et l'observation des températures dans les conduits d'évacuation sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES EXÉCUTÉES LE 22 JUILLET 1862, A 3 HEURES APRÈS MIDI, AVEC CHAUFFAGE.

NUMÉROS des calorifères.	TEMPÉRATURES OBSERVÉES				ÉTAGE.	VOLUMES D'AIR évacués par heure et par lit.		VOLUME D'AIR entrant dans les salles par heure et par lit.
	Extérieure.	Dans les salles.	Dans les conduits.					
			Est air chaud.	Ouest tuyau de fumée.				
	°	°	°	°		m.c.		m.c.
2	»	»	31	45	Rez-de-chaussée.	64,57		9,76
	22	22	28	28	1er étage.	50,02	51,29	4,71
4	»	»	28	41	2e étage.	39,30		Introduction insensible.
5	»	»	»	»	3e étage.			
6	»	»	18	25	1er étage.	44,17	46,23	
7	»	»	22,5	41	2e étage.	48,30		

Ces résultats montrent qu'avec ces appareils, quand la température extérieure est voisine de celle des salles et de celle que peut produire le courant d'air chaud lancé dans l'un des groupes de cheminées d'évacuation, le volume d'air nouveau introduit dans les salles par les orifices ménagés à cet effet est très-faible aux étages inférieurs et à peu près nul aux autres. L'alimentation d'air nouveau ne se fait donc que par les portes et les fenêtres.

Les mêmes expériences ont montré que, dans ces circonstances et malgré l'énergie du chauffage de l'appareil ventilateur, l'appel était très-irrégulièrement réparti entre les différents conduits, surtout du côté Est où l'appel se faisait à l'aide du courant d'air chaud.

Ainsi les nombres de ces conduits où l'appel était insensible ont été les suivants :

Étages.	Côtés.			
Rez-de-chaussée...	Est (air chaud)..............	2	sur	11
	Ouest (tuyau de fumée).......	0	sur	11
Premier étage.....	Est (air chaud)..............	5	sur	11
	Ouest (tuyau de fumée).......	1	sur	11
Deuxième étage...	Est (air chaud)..............	7	sur	11
	Ouest (tuyau de fumée).......	0	sur	11

Ces résultats confirment ceux du n° **595** qui ont déjà manifesté la supériorité d'énergie de la ventilation produite par la chaleur abandonnée par les tuyaux de fumée sur celle que déterminent les courants d'air chaud.

Cette supériorité a même eu, dans quelques circonstances, pour effet d'appeler dans l'intérieur des salles l'air chaud envoyé dans l'une des cheminées d'évacuation, ce qui faisait ainsi introduire dans ces salles qu'il s'agissait de rafraîchir, non-seulement de l'air beaucoup trop chaud, mais encore l'air vicié des étages inférieurs.

597. *Expériences d'hiver.* — Des observations analogues aux précédentes ont été exécutées cet hiver (1862-63) avec la présence des malades dans les salles, et, comme le chauffage y était joint à la ventilation, l'on a pu observer les volumes et les températures de l'air introduit dans les salles.

EXPÉRIENCES SUR LA VENTILATION D'HIVER DU BATIMENT *b* A L'HÔPITAL DE VINCENNES.

DATES ET NUMÉROS des calorifères.	ÉTAGES.	NOMBRE de lits correspondants.	VOLUME D'AIR nouveau par heure et par lit.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES des salles.	TEMPÉRATURES de l'air introduit.	TEMPÉRATURES dans les cheminées d'appel.	VOLUME D'AIR CIÉ évacué par heure et par lit.
			m.c.	°	°	°		m.c.
22 novembre	Rez-de-chaussée	13,3	31,13	5	16	38		73,76
1861	1er étage.......	13,3	28,58 } 29,92		15	38		63,16 } 64,21
N° 2	2e étage........	13,3	30,04		15	38		55,71
	3e étage	14,5	20,99		12,5	35	Est 20°,5 Ouest 12	21,61
25 novembre	Rez-de-chaussée	13,3	34,10		17,5	65		69,99
1861	1er étage.......	13,3	37,49	1	17,5	55 à 64		77,14 } 68,64
N° 3	2e étage........	13,3	35,59 } 35,73		17,0	58 à 65		61,80
	3e étage	14,5	29,80		17,5	51 à 60	Est 22°	15,85

Dans l'hiver le côté Est est ventilé par les tuyaux de fumée et l'Ouest par l'air chaud.

Il résulte de ces expériences que le volume d'air nouveau introduit dans les salles du rez-de-chaussée, du premier et du deuxième étage a été en moyenne de 29m·c,92 et de 35m·c,73 par heure et par lit, tandis que le volume d'air vicié évacué a été de 64m·c,21 et de 68m·c,64. Le premier était par conséquent à peu près la moitié du second.

Le succès de cette ventilation d'hiver doit être en grande partie attribué à l'abaissement de la température extérieure, puisque le 22 novembre l'excès de la température intérieure des salles sur celle de l'air extérieur était de 20 à 21° et que le 25 novembre il était de 18°,5. En effet, le 22 novembre la température dans les cheminées d'appel était :

A l'Est (fumée).....	20°,5	Excès sur la température extérieure		25°,0
A l'Ouest (air chaud)	12 ,0	Excès	—	17 ,0
			Excès moyen..........	21°,25
Le 25 novembre.				
A l'Est (fumée).....	22°	Excès sur la température extérieure		23°,00
A l'Ouest (air chaud)	12°	Excès	—	13 ,00
			Excès moyen...........	18°,00

Cette comparaison montre que l'excès de température qui produit l'évacuation de l'air vicié est bien plus grand dans les cheminées qui reçoivent les tuyaux de fumée que dans ceux qui reçoivent les tuyaux d'air chaud où la température est inférieure à celle des salles.

598. *Comparaison des effets de ventilation produits par les tuyaux de fumée et par ceux d'air chaud.* — Quoique la différence entre ces deux moyens d'activer l'appel doive évidemment être moins sensible l'hiver que l'été, par suite de la prépondérance plus grande qu'exerce alors la ventilation naturelle, il n'en est pas moins utile de constater cette différence. C'est ce qu'il est facile de faire d'après les observations de M. le commandant Benoît.

DATES. 1862.	N^os des appareils.	ÉTAGES.	VOLUMES ÉVACUÉS EN 1'. fumée et air chaud EST.	air chaud. OUEST.
			m.c.	m.c.
22 nov. 9 heures matin.	3	Rez-de-chaussée....	8,00	8,35
		1er étage...........	7,70	6,30
		2e étage............	7,05	5,30
25 nov. 8 heures matin.	2	Rez-de-chaussée	9,25	5,60
		1er étage......... .	9,30	7,80
		2e étage............	7,30	6,40
		Total.........	48,60	39,75

Le rapport des volumes d'air évacués par les conduits de l'Est (fumée et air chaud) et de l'Ouest (air chaud) est égal à $\frac{48,60}{39,71} = 1,22$, tandis que l'été le rapport analogue avait pour valeur 1,81. Cette différence, qui peut être attribuée à ce que les cheminées chauffées par les tuyaux de fumée recevaient en outre de l'air chaud dont l'ascension consommait une partie du travail moteur de la chaleur, montre encore qu'il y a désavantage à introduire de l'air extérieur dans les cheminées, au lieu d'utiliser directement toute la chaleur abandonnée par les tuyaux de fumée à l'aspiration directe par les conduits d'appel.

599. *Résumé.* — L'ensemble des résultats des observations recueillies avec soin par M. le commandant Benoît, montre que, malgré les perfectionnements introduits à l'hôpital de Vincennes dans les appareils dont le type avait été premièrement essayé à l'hôpital du Gros-Caillou, ces appareils sont loin de satisfaire aux conditions d'une bonne ventilation. On peut leur reprocher les défauts suivants :

1° Les orifices d'arrivée d'air débouchant à la surface du plancher, ne sont pas placés d'une manière convenable.

2° Les calorifères n'ayant pas une chambre à air assez

grande et dans laquelle on puisse faire affluer de l'air froid, la température de l'air qui arrive dans les salles est trop élevée.

3° Le volume d'air nouveau qui pénètre par les orifices spéciaux dans les salles par ces orifices, est insuffisant l'hiver et à peu près nul l'été.

4° La plus grande partie du volume d'air vicié qui est évacué, ne l'est que par l'effet de la ventilation naturelle.

5° Il y a deux calorifères, dont un dit ventilateur, par chaque longueur de 12 mètres du bâtiment, et le nombre de ces calorifères qui est de 6 pour 300 lits ou de 1 pour 50 lits, exige une surveillance difficile pour en assurer le service.

6° Le chauffage du troisième étage n'est pas suffisamment assuré par les temps froids.

7° L'isolement des cheminées d'évacuation empêche la ventilation d'avoir la stabilité nécessaire et les cheminées latérales ne fonctionnent pas régulièrement l'été. Elles donnent parfois lieu à des rentrées d'air, soit d'un conduit d'une salle dans la même salle, soit même d'une salle à l'autre, par suite de la communauté des conduits à tous les étages.

Ces défauts inhérents au système et que les soins apportés à la construction n'ont pu qu'atténuer, montrent que sa simplicité, plus apparente que réelle, et l'économie dans les frais d'établissement, n'ont été obtenus qu'aux dépens de la régularité et de la puissance des effets.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

CHAPITRE II

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

But et conditions de la ventilation.

CHAPITRE III.

DU RENOUVELLEMENT ET DE LA RENTRÉE DE L'AIR DANS LES LIEUX HABITÉS.

CHAPITRE IV.

APPLICATION DE LA THÉORIE DU MOUVEMENT DES GAZ A LA CIRCULATION DE L'AIR DANS LES CHEMINÉES ET DANS LES CONDUITS DE VENTILATION.

CHAPITRE V.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LES CHEMINÉES D'APPARTEMENT ET PAR DIVERS AUTRES APPAREILS.

CHAPITRE VI.

EXAMEN COMPARATIF DES DIVERS SYSTÈMES EMPLOYÉS EN FRANCE D'APRÈS LES RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES.

Asile impérial du Vésinet.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



PARIS. — IMPRIMERIE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9

